

HAUL ROAD CONDITION MONITORING USING SENSORS AND GNSS DATA

Muhammad Ardian, Sahala Ruben A. dan Reza Ardhianto

Mine Technical Services Department, PT. Amman Mineral Nusa Tenggara

ABSTRAK

Salah satu faktor agar mendapatkan performa alat angkut yang baik adalah dengan kondisi jalan angkut yang baik. Oleh karena itu, perlu diantisipasi dengan cara melakukan rekayasa *engineering* terhadap hal yang berpotensi menimbulkan kondisi jalan yang tidak baik. Dalam pembuatan prototype aplikasi ini digunakan data sensor strut pressure & data GNSS (Global Navigation Satellite System) sebagai teknologi untuk melakukan pengawasan terhadap kondisi jalan. Penggunaan sistem pengawasan jalan tambang menggunakan data sensor *strut pressure* dan data GNSS diharapkan dapat membantu meningkatkan produktivitas & efektivitas dalam pengambilan keputusan terkait dengan kegiatan pengawasan dan pemeliharaan kondisi jalan angkut di area tambang Pit Batu Hijau.

Kata Kunci : Jalan Angkut, *Fleet Management System*, *Sensor Strut Pressure*, *Global Navigation Satellite System*, Analisa Data Geospasial

ABSTRACT

One of factor to get the good performed of hauling equipment is good condition of hauling road. Because of this, need to be prevent with engineering method about the things that potential can impact the poor haul road condition. The simulation was performed with using sensor and GNSS (Global Navigation Satellite System) Data as a technology about monitoring haul road condition. Utilizing haul road monitoring system using data sensor and GNSS expect can help to improve the productivity & effectivity for interpretation the good decision about monitoring activity and maintain Haul road condition at Pit Batu Hijau.

Key Words : Haul Road, Fleet Management System, Sensor Strut Pressure, Global Navigation Satellite System, Geospatial Data Analyst

A. PENDAHULUAN

A.1. Latar Belakang

Kondisi jalan angkut merupakan salah satu faktor penting yang harus diperhatikan pada kegiatan penambangan. Kondisi jalan angkut dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kondisi material *sub base*, geometri, super elevasi, *cross slope* dan aktifitas perawatan jalan. Pengaruh penurunan kondisi jalan angkut pada proses penambangan akan berdampak terhadap beberapa hal seperti *hauling cost*, aspek K3, dan pencapaian target produksi. Penurunan kondisi jalan angkut juga akan berdampak langsung pada kecepatan *haul truck* saat kegiatan pengangkutan material sehingga waktu tempuh akan semakin panjang dan target produktivitas yang telah direncanakan akan semakin sulit tercapai.

Pengawasan kondisi jalan angkut saat ini di *Pit Batu Hijau*, dilakukan dengan cara pengamatan langsung di lapangan oleh pengawas dan melalui informasi yang didapatkan dari operator *haul truck*. Metode pengawasan tersebut belum efektif untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai lokasi, luasan area dan tingkat kerusakan yang perlu untuk dilakukan perbaikan.

Pengawas memerlukan informasi yang cepat, akurat dan detail untuk dapat mengatur prioritas pengawasan dan perawatan jalan angkut serta penggunaan alat *support* agar optimal dan efektif dalam mendukung kelancaran pada proses pengangkutan material. PT. Amman Mineral Nusa Tenggara melalui Departemen *Fleet Management System & Data Analist* mengembangkan sistem untuk melakukan pengawasan jalan angkut dengan memanfaatkan data sensor pada *haul truck* dan data GNSS (*Global Navigation Satellite System*).

Data sensor yang digunakan adalah data sensor *strut pressure* dari unit *haul truck* CAT 793C, yang direkam secara terus menerus secara *real time* dan dikombinasikan dengan data koordinat yang didapat dari *receiver* GNSS untuk dijadikan solusi dalam memberikan gambaran yang lebih akurat dan terukur mengenai kondisi aktual jalan angkut yang dilalui *haul truck*. Data-data sensor yang didapatkan, kemudian digunakan dalam visualisasi dan analisa data geospasial serta disajikan secara *real time* dan mudah dipahami. Penggunaan sistem pengawasan jalan angkut menggunakan data sensor *strut pressure* dan data GNSS diharapkan dapat membantu meningkatkan efektifitas dalam pengambilan keputusan terkait dengan kegiatan pemantauan dan pemeliharaan kondisi jalan angkut di area tambang *Pit Batu Hijau*.

A.2. Tujuan

Tujuan kegiatan ini adalah untuk membuat suatu *prototype* aplikasi *monitoring* kondisi jalan angkut dengan memanfaatkan sensor *strut pressure* dan data koordinat dari *receiver* GNSS untuk kemudian divisualisasikan secara interaktif menggunakan teknologi berbasis *Web*.

A.3. Manfaat

Hasil dari kegiatan ini diharapkan dapat digunakan untuk :

- a. Membantu meningkatkan efektifitas dalam pengambilan keputusan terkait dengan kegiatan pemantauan dan pemeliharaan kondisi jalan angkut di area tambang *Pit Batu Hijau*.
- b. Memberikan informasi secara *real time* dan akurat terkait posisi jalan angkut yang mengalami kerusakan.
- c. Memudahkan pengawas di lapangan dalam memantau kondisi jalan angkut dan membantu dalam proses analisa terkait dengan tingkat pencapaian produksi.

A.4. Cakupan Kegiatan

Cakupan kegiatan pembuatan *prototype* aplikasi *monitoring* kondisi jalan angkut dengan memanfaatkan data sensor *strut pressure* dan data GNSS adalah pembuatan peta interaktif jalan angkut berbasis *web* menggunakan peta situasi topografi digital, sebagai peta latar. Peta tersebut menggambarkan kondisi situasi terbaru dari kondisi area tambang yang diperbaharui setiap hari. Peta tersebut juga menampilkan lokasi relatif dan data dari kondisi jalan angkut secara *real time* yang terintegrasi dengan basis data *Jigsaw MineOPS Fleet Management System*.

B. METODOLOGI PENELITIAN

B.1. Lokasi Kegiatan

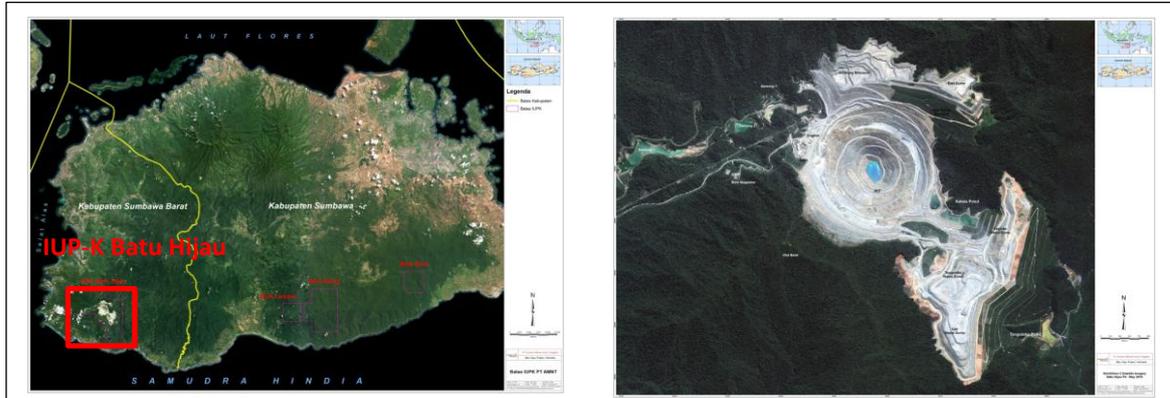
Lokasi studi kasus untuk kegiatan ini dilakukan di *Pit Batu Hijau*, yang merupakan salah satu IUP-K PT. Amman Mineral Nusa Tenggara (PT. AMNT). Lokasi *Pit Batu Hijau* berada di Kecamatan Sekongkang, Kabupaten Sumbawa Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat dan dapat dicapai dengan menggunakan transportasi darat dari Kota Mataram dengan jarak 79 Km, kemudian dilanjutkan dengan kapal cepat dengan jarak 75 Km. Adapun lokasi *Pit Batu Hijau* dapat dilihat seperti pada Gambar 1

B.2. Pelaksanaan

B.2.1. Analisis Kebutuhan Pengguna

Analisis kebutuhan pengguna dilakukan untuk mengetahui hal-hal apa saja yang dibutuhkan oleh pengawas di lapangan terhadap aplikasi yang akan dibuat. Analisis kebutuhan pengguna dilakukan

dengan berbagai metode, yaitu dengan menggunakan analisis terhadap dokumen *Standart Technical Procedure (STP)* yang ada di *document control* PT. AMNT terkait dengan pekerjaan perawatan jalan angkut. Selain itu juga dilakukan analisis melalui wawancara. Tujuannya yaitu untuk mengetahui harapan dan keinginan dari pengguna terhadap aplikasi yang akan dibuat. Wawancara dibuat berdasarkan permasalahan yang sering dihadapi oleh pengawas di lapangan dalam melakukan tugas dan fungsinya.



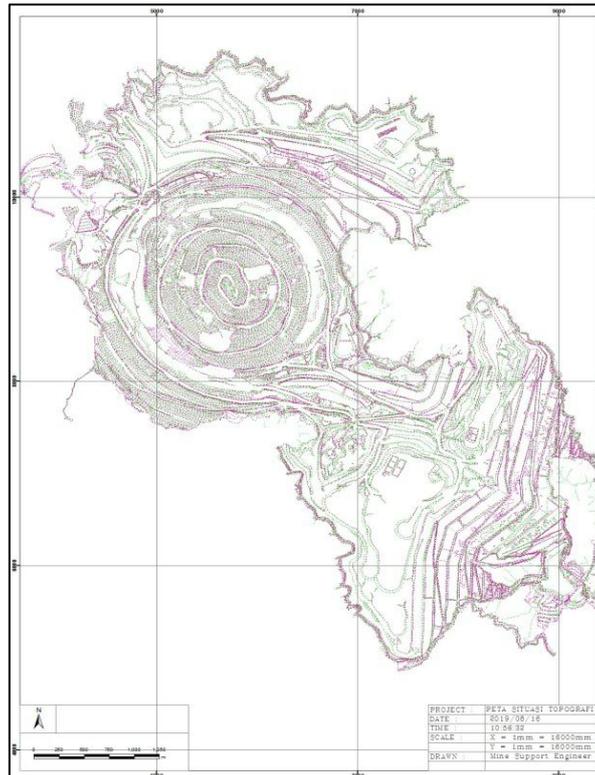
Gambar 1. Lokasi *Pit* Batu Hijau

B.2.2. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan beberapa data, berupa data kuantitatif sebagai berikut:

1) Peta Situasi Topografi Area Tambang *Pit* Batu Hijau

Peta situasi topografi merupakan peta skala besar yang menggambarkan kenampakan detail kondisi terkini di area tambang *Pit* Batu Hijau, diwujudkan dalam simbol titik, garis dan poligon. Peta situasi topografi di area tambang *Pit* Batu Hijau selalu diperbaharui setiap harinya oleh Departemen Survey melalui pengukuran teristris sesuai dengan kondisi kemajuan penambangan dan penimbunan. Koordinat yang digunakan untuk peta ini adalah koordinat lokal yang hanya berlaku di area tambang *Pit* Batu Hijau (Gambar 2)



Gambar 2. Peta Situasi Topografi Area Tambang *Pit* Batu Hijau

2) Data Sensor *Strut Pressure*

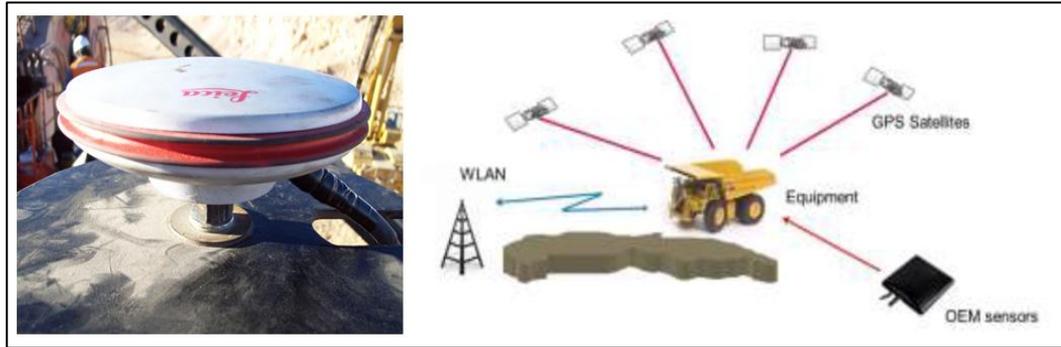
Strut pressure adalah tekanan pada salah satu bagian ban yang terjadi dikarenakan beban dalam unit *vessel* tidak merata atau melebihi muatan. Tekanan yang terjadi diubah dan dikonversi menjadi *rack*, *bias* dan *pitch* (Gambar 3)



Gambar 3. Sensor *Strut Pressure*

3) Data Koordinat GNSS

Setiap *haul truck* CAT 793C yang ada di *Pit* Batu Hijau sudah dilengkapi *receiver* GNSS akurasi rendah (*Low Precision GNSS*) tipe navigasi. Sistem pengukurannya menggunakan metode absolut dimana *receiver* GNSS yang ada di *haul truck* CAT 793C mendapat sinyal langsung dari satelit GNSS. Data koordinat dari *receiver* GNSS ini kemudian dikirimkan melalui radio *Wi-Fi* ke *server* basis data data *Jigsaw MineOPS Fleet Management System* (Gambar 4)



Gambar 4. Receiver GNSS type Navigasi yang di pasang di haul truck

B.3. Pengolahan Data

- 1) Transformasi koordinat dari Lokal Batu Hijau ke Geografis Datum WGS84
Peta situasi topografi area tambang *Pit* Batu Hijau menggunakan koordinat lokal, sedangkan data posisi *haul truck* menggunakan koordinat geografis datum WGS84 sebagaimana yang digunakan pada sistem referensi GNSS. Transformasi yang dilakukan menggunakan metode Affine dengan 6 parameter. Adapun formula yang digunakan sebagai berikut.

$$ax + by + c = E \tag{1}$$

$$dx + ey + f = N \tag{2}$$

Keterangan

x, y = Koordinat Lokal Batu Hijau

E, N = Koordinat Geografis Datum WGS84

a, b, c, d, e, f = 6 Parameter Transformasi Affine (2D)

- 2) Konversi File Peta Situasi Topografi dari (.dxf) menjadi file (.geojson)
File hasil keluaran dari peta situasi topografi berformat (.dxf) sehingga perlu dikonversi menjadi (.geojson). Tujuannya agar peta situasi dapat dibaca dan dikenali oleh aplikasi peta interaktif.
- 3) Menghitung Nilai *Rack*, *Bias* dan *Pitch* dari Data Sensor *Strut Pressure*
Nilai *rack* adalah sejumlah tekanan dalam satuan *pounds per square* (psi) yang diterima pada roda bagian kiri depan dan kanan belakang dikarenakan muatan. Formula yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$Rack = (LF + RR) - (RF + LR) \tag{3}$$

Nilai *bias* adalah sejumlah tekanan dalam satuan *pounds per square* (psi) yang diterima pada kedua roda bagian kiri depan dan belakang dikarenakan muatan Formula yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$Bias = (LF + LR) - (RF + RR) \tag{4}$$

Nilai *pitch* adalah sejumlah tekanan dalam satuan *pounds per square* (psi) yang diterima pada kedua roda bagian depan dikarenakan muatan. Formula yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$Pitch = (LF + RR) - (LR + RR) \tag{5}$$

Keterangan

- LF = Left Front Pressure
- RF = Right Front Pressure
- LR = Left Rear Pressure
- RR = Right Rear Pressure

4) Join Data Sensor dan GNSS

Data aktual sensor *strut pressure* didapatkan dari VIMS (*Vital Information Management System*) yang ada pada unit haul truck Cat 793C diintegrasikan dengan data GNSS kemudian direkam serta disimpan ke dalam basis data *Fleet Management System* setiap 60 detik. Dari data yang dikumpulkan tersebut kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai parameter *rack*, *bias*, serta *pitch* di dalam server basis data.

created_at	equipment_name	payload	speed	latitude	longitude	elevation	pitch	bias	rack
2019-07-17 06:00:00.000	HT120	235.10	12.0	-8.9595	116.8762	157.6100	-10820.0	5777.0	-734.0
2019-07-17 06:00:00.000	HT119	231.60	13.0	-8.9805	116.8869	453.5000	-12120.0	6996.0	-1872.0
2019-07-17 06:00:00.000	HT064	241.50	9.0	-8.9599	116.8766	162.2000	-13957.0	1387.0	11183.0
2019-07-17 06:00:00.000	HT023	222.70	25.0	-8.9840	116.8811	458.8100	-8848.0	2774.0	3300.0
2019-07-17 06:00:00.000	HT003	211.00	18.0	-8.9761	116.8692	378.4100	-9156.0	3743.0	1670.0
2019-07-17 06:00:00.000	HT065	235.10	9.0	-8.9697	116.8793	280.8100	-13642.0	2175.0	9292.0
2019-07-17 06:00:00.000	HT066	249.50	15.0	-8.9784	116.8898	411.1000	-14450.0	12679.0	-10908.0
2019-07-17 06:00:00.000	HT024	240.70	26.0	-8.9731	116.8774	299.8100	0.0	0.0	0.0
2019-07-17 06:01:00.000	HT023	222.70	15.0	-8.9863	116.8788	474.5000	-10605.0	3077.0	4451.0
2019-07-17 06:01:00.000	HT064	241.50	10.0	-8.9610	116.8777	179.4100	-14200.0	4275.0	5650.0
2019-07-17 06:01:00.000	HT119	231.60	11.0	-8.9810	116.8887	474.2100	-11689.0	6067.0	-445.0
2019-07-17 06:01:00.000	HT120	235.10	10.0	-8.9606	116.8773	176.9100	-13325.0	7905.0	-2485.0
2019-07-17 06:01:00.000	HT003	211.00	28.0	-8.9764	116.8729	390.0000	-11460.0	5555.0	350.0
2019-07-17 06:01:00.000	HT024	240.70	13.0	-8.9740	116.8805	318.0100	-16167.0	4720.0	6727.0
2019-07-17 06:01:00.000	HT065	235.10	9.0	-8.9713	116.8793	291.8100	-12201.0	2351.0	7499.0
2019-07-17 06:01:00.000	HT066	249.50	19.0	-8.9799	116.8882	425.2000	-13918.0	5912.0	2094.0

Gambar 5. Join Data Sensor dan GNSS di SQL Server

B.5. Pembuatan Aplikasi

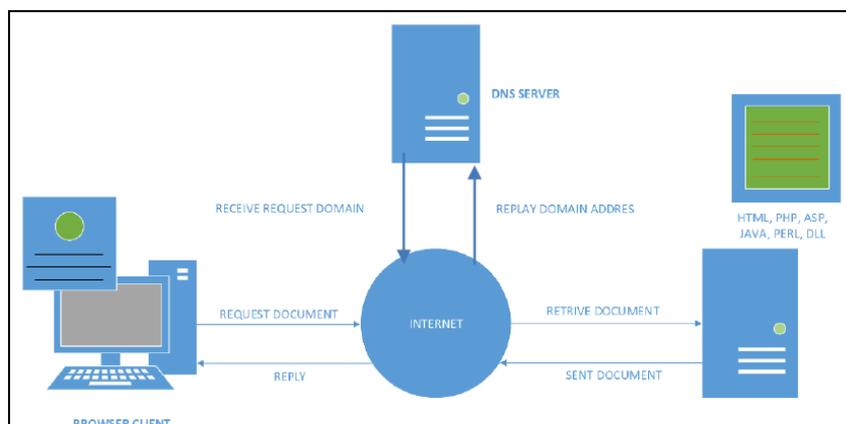
Pembuatan aplikasi berbasis web merupakan tujuan dari semua tahapan sebelumnya. Dalam pembuatan aplikasi berbasis web dibagi menjadi dua tahapan yaitu pembuatan data *web service* dan pembuatan antarmuka.

1) Pembuatan Data *Web Service*

Proses ini dilakukan untuk menyediakan jembatan bagi aplikasi web untuk mendapatkan data dari server basis data dalam format yang sesuai. Data *web service* dibangun menggunakan *JavaScript* yang berjalan pada server *Node.js* dan difungsikan sebagai layanan yang akan melakukan konversi keluaran data dari *server* basis data ke dalam format *JSON* (*JavaScript Object Notation*) yang merupakan notasi struktur data yang didukung secara *native* oleh program *JavaScript*.

2) Pembuatan Antarmuka (*Interface*)

Antarmuka yang akan dibuat dibangun dengan menggunakan *React.js* yaitu *framework JavaScript* yang dikembangkan oleh tim *Facebook Engineering*. Serupa dengan data *web service*, antarmuka yang dibangun juga akan berjalan pada *server Node.js*. Alur proses secara umum yang terjadi pada sebuah aplikasi berbasis web dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Alur Kerja *Server* (Charish, 2008)

Untuk visualisasi data geospasial yang telah diperoleh, digunakan *Kepler.gl JavaScript Library* yang dikembangkan oleh tim *Uber Engineering*. *Library* ini dikembangkan dan digunakan secara internal oleh *Uber* untuk melakukan analisa data geospasial yang diperoleh dari aplikasi mereka. *JavaScript library* ini kemudian dirilis secara *free* dan *open source* menggunakan lisensi MIT sehingga bisa dikembangkan lebih lanjut dan digunakan secara bebas oleh siapapun. Melalui *JavaScript library* tersebut peta situasi topografi area tambang *Pit Batu Hijau* dapat ditampilkan secara interaktif. Selain itu, *layer* lainya seperti nilai parameter *rack*, *bias* dan *pitch* ditampilkan dalam bentuk kumpulan titik yang sudah diklasifikasikan berdasarkan tingkat kerusakan jalan angkut dalam bentuk (.geojson) dengan format WFS. Adapun klasifikasi kerusakan jalan yang dimaksud adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Kriteria Kerusakan Jalan Angkut

Parameter	Action	HT CAT 793
Rack, Bias, Pitch	Management Limit ± 8500	± 12000
Moving Truck	Warning Limit	± 15000
	Action Limit	

B.7. Pengujian Aplikasi

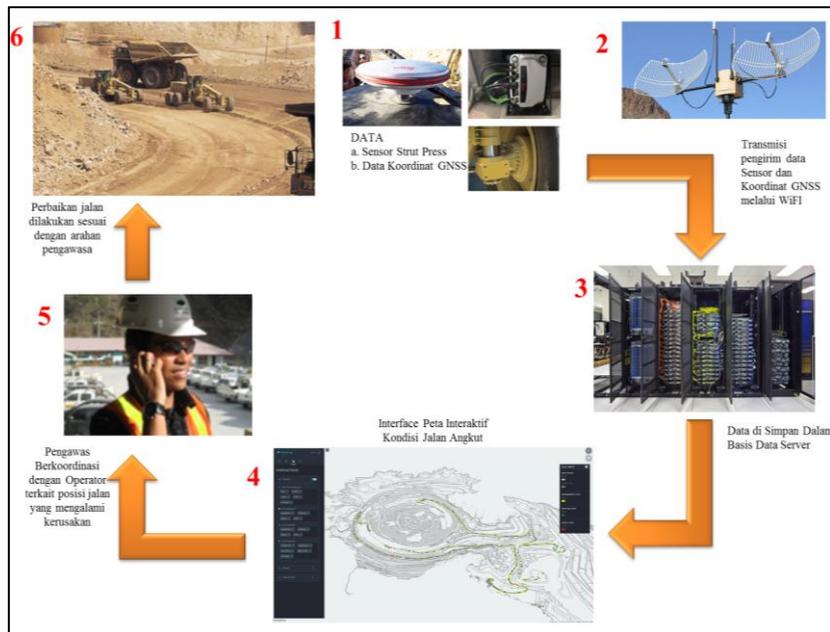
Sebelum aplikasi diterapkan, maka aplikasi harus bebas dari kesalahan. Agar bebas dari kesalahan maka perlu dilakukan pengujian untuk menemukan kesalahan yang mungkin dapat terjadi seperti dalam kesalahan bahasa, kesalahan logika program dan kesalahan analisis. Pengujian aplikasi dilakukan dalam lingkungan lokal, yakni berupa simulasi dunia nyata dalam satu komputer. Pengujian dilakukan dalam dua tahap yaitu pengujian mandiri dan pengujian oleh pengguna yaitu pengawas di lapangan. Pengujian mandiri dilakukan dengan menjalankan aplikasi monitoring jalan angkut dan melihat apakah aplikasi ini dapat berjalan dengan benar. Pengujian oleh pengguna yaitu pengawas dilakukan melalui wawancara untuk memperoleh tanggapan pengguna terhadap aplikasi monitoring jalan angkut. Pengujian dilakukan oleh pengawas di lapangan dengan melakukan demo aplikasi di hadapan responden baru kemudian responden dipersilahkan untuk mencoba secara mandiri. Setelah mencoba, responden dimohon untuk menjawab beberapa pertanyaan terkait dengan aplikasi.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

C.1. Kebutuhan Pengguna

Berikut ini adalah hasil analisis kebutuhan pengguna

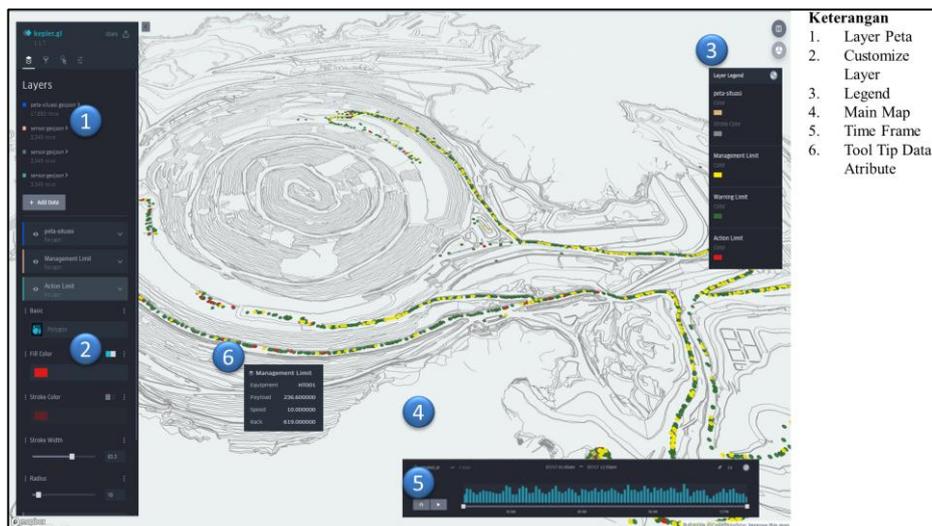
- Pengawas lapangan dalam hal ini Departemen *Pit Service and Road Maintenance* bertugas dan bertanggungjawab melakukan pengawasan dan perbaikan jalan angkut mulai dari *loading point* sampai dengan *dumping point*.
- Pengawas lapangan memerlukan data informasi yang cepat dan akurat terkait posisi jalan angkut yang mengalami kerusakan dan juga tingkat kerusakan jalan angkut untuk menentukan alat *support* apa yang digunakan untuk memperbaikinya.



Gambar 7. Rencana Alur Kerja Intergrasi Pada Aplikasi

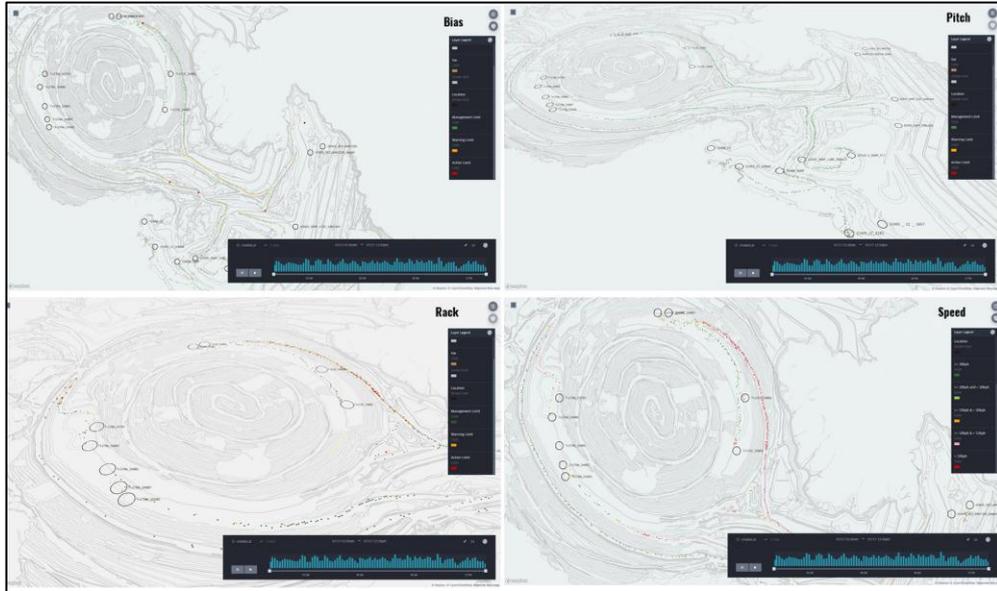
C.2. Prototype Aplikasi monitoring Kondisi Jalan Angkut

Prototype aplikasi yang telah dibangun dapat diakses melalui *internet browser* pada komputer yang terhubung pada jaringan intranet perusahaan.



Gambar 8. Dashboard Prototype Aplikasi Monitoring Jalan Angkut

Layer yang ditampilkan pada peta interaktif berupa peta topografi aktual, lokasi *loading point* dan *dumping point* serta kumpulan titik yang menunjukkan posisi *haul truck*. Kumpulan titik posisi *haul truck* diklasifikasikan berdasarkan tingkatan parameter *rack*, *bias* dan *pitch* sesuai dengan isi pada Tabel 1. Kriteria Kerusakan Jalan Angkut. Setiap parameter *rack*, *bias* dan *pitch* dipisahkan menjadi tiga *layer* yang berbeda, sehingga pengguna bisa menganalisa kondisi jalan secara detail melalui ketiga parameter tersebut.

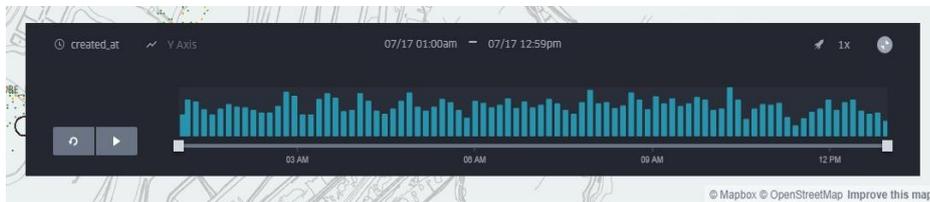


Gambar 9. Layer Posisi Haul Truck dan Parameter Bias, Pitch, Rack dan Speed

Prototype dashboard aplikasi selain menampilkan peta interaktif juga dilengkapi beberapa fitur lain yang dapat membantu pengguna dalam melakukan analisa terhadap data spasial dan tingkat kerusakan jalan angkut. Adapun fitur yang dimaksud adalah sebagai berikut.

a. *Filter Time Frame*

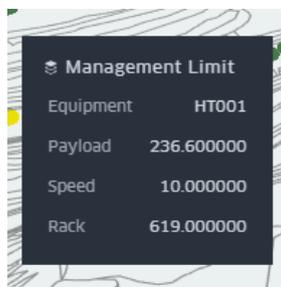
Fitur ini digunakan untuk melakukan filter berdasarkan waktu kejadian haul truck yang mengalami rack, bias dan pitch di jalan angkut.



Gambar 10. Fitur *Filter Time Frame*

b. *Tool Tip Data Atribut*

Apabila pengguna ingin mengetahui informasi data atribut yang ada pada data haul truck dengan cepat dapat menggunakan fitur ini dengan cara mendekatkan kursor ke lokasi haul truck yang diinginkan.



Gambar 12. Fitur *Tool Tip Data Atribut*

C.3. Hasil Pengujian Mandiri

Pengujian mandiri dilakukan dengan menjalankan menu-menu utama dari aplikasi yaitu monitoring jalan angkut berdasarkan waktu kejadian. Melalui pengujian ini dapat diketahui apakah aplikasi ini

dapat berjalan dengan benar sehingga terbebas dari kesalahan bahasa, kesalahan logika program dan kesalahan analisis.

Pengujian mandiri juga dilakukan dengan cara membandingkan antara parameter *rack*, *bias* dan *pitch* serta data lokasi koordinat GNSS dengan kondisi aktual di lapangan. Lokasi pengujian dipilih pada area yang terindikasi terjadi kerusakan dengan disimbolkan dalam peta interaktif berupa titik warna merah. Dari hasil pengujian, didapatkan informasi yang sesuai antara data parameter *rack*, *bias* dan *pitch* dengan kondisi aktual di lapangan.



Gambar 13. Perbandingan Data Lapangan dengan Data Sensor dan Data GNSS

C.4. Hasil Pengujian Pengawas di Lapangan

Hasil rangkuman beberapa aspek yang berkaitan dengan aplikasi berdasarkan penilaian dari pengguna adalah sebagai berikut:

- a. Dari tiga responden menyambut baik terhadap aplikasi yang ditawarkan. Melalui kuisisioner dapat disimpulkan bahwa aplikasi ini dapat membantu meningkatkan efisiensi waktu dan mempermudah pekerjaan. Salah satunya pada tahapan identifikasi lokasi jalan angkut yang mengalami kerusakan.
- b. Dari segi aspek kemudahan operasional, dua responden menyatakan bahwa aplikasi mudah digunakan dan tidak mengalami kesulitan dalam menggunakan, satu responden yang lain mengalami kesulitan ketika melakukan proses sortir kondisi jalan angkut berdasarkan waktu. Saran untuk kedepannya diperlukan sosialisasi cara penggunaan aplikasi.

D. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil rancangan dari proyek ini adalah sebuah *prototype* aplikasi *monitoring* jalan angkut menggunakan data sensor *strut pressure* dan data koordinat GNSS memanfaatkan protokol *Web Services* dengan antarmuka yang dibangun dengan memanfaatkan *Kepler.gl JavaScript Library*. Aplikasi ini dapat digunakan untuk mengakses basis data kondisi jalan angkut, baik berupa data atribut seperti data unit *haul truck*, waktu kejadian, posisi jalan angkut yang rusak dan tingkat kerusakan pada jalan angkut.
2. Aplikasi monitoring jalan angkut berhasil memenuhi kebutuhan pengguna terutama dalam kegiatan identifikasi dan monitoring jalan angkut yang mengalami kerusakan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Amman Mineral Nusa Tenggara melalui Departemen *Mine Technical Services* yang sudah memberikan izin dan kesempatan untuk memaksimalkan fasilitas perusahaan untuk keperluan penelitian makalah ini. Semua informasi yang terkandung dalam makalah ini adalah pandangan pribadi penulis dan tidak mencerminkan kebijakan dari perusahaan PT. Amman Mineral Nusa Tenggara. Makalah ini dimaksudkan hanya untuk tujuan pendidikan. Tidak ada pelanggaran hak cipta yang dimaksudkan, dan sumber apa pun telah dikutip secara detail. Beberapa informasi yang dilaporkan di sini juga diperoleh dari laporan internal dan direproduksi dengan izin manajemen PT. Amman Mineral Nusa Tenggara.

DAFTAR PUSTAKA

- Charish, F. & Aditya, Trias (2008). *Perancangan Aplikasi Layanan Informasi Pertanahan Berbasis Web Services untuk PPAT*. Yogyakarta: Tesis, Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika, Program Paska Sarjana.
- Eddy, P. (2012). *Tutorial PostGreSQL, PostGIS dan PgRouting*. Bandung: Penerbit Informatika.
- Junaedi, F. (2005). *Panduan Lengkap Pemrograman HTML*. Yogyakarta: Percetakan Negeri.
- Hisyam, dkk. (2012). *Pengamatan Kelelahan Operator Menggunakan Sistem DSS (Driver State Sensor) di PT. Newmont Nusa Tenggara*. PERHAPI. Prosiding TPT XXI PERHAPI 2012.
- Imansah. (2016). *GPS Augmentation System, A Solution To Support HPGPS Fleet Management System In Open Pit Environment*. Prodi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Prosiding Teknik Pertambangan (2016)-SICEST.
- M. Azmi Rahman, dkk. (2016) *Analisa Kelayakan Jalan Angkut Tambang berdasarkan Geometri dan Material Perkerasan Jalan di PT. Sapta Indra Sejati (SIS)*. Teknik Pertambangan, Universitas Lambung Mangkurat. Jurnal Geosapta 2, 2.
- M. Tasrik Hi. Malik, Maryanto, Yuliadi. (2017). *Evaluasi Geometri Jalan Angkut dari Lokasi Pengupasan Overburden ke Disposals pada Sektor Penambangan Bijih Besi Blok 2D di PT. Adidaya Tangguh, Desa Tolong, Kecamatan Ledo, Kabupaten Taliabu, Maluku Utara*. Prodi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Islam Bandung. Prosiding Teknik Pertambangan.

