

ANALISIS PERBANDINGAN PENDETEKSI SARANA PADA LINTAS SURABAYA – MADIUN

Oleh:

Mariana Diah Puspitasari, API Madiun, Email : mariana@api.ac.id
Faris Hendra Purwaka, API Madiun, Email : faris.tep11@alumni.api.ac.id

ABSTRAK

Salah satu contoh perkembangan teknologi dalam sistem pensinyalan di Indonesia adalah penggunaan fasilitas pendeteksi pada jalur rel. Alat pendeteksi adalah alat yang berfungsi untuk mendeteksi ada atau tidaknya fasilitas kereta api di jalur kereta api. Peralatan pendeteksi terbagi menjadi dua jenis, yaitu axle counter dan *track circuit*. *Track circuit* mendeteksi keberadaan kereta pada rel, sementara *axle counter* berfungsi menghitung gandar kereta. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan sistem pendeteksian fasilitas yang sesuai dan sesuai dengan kondisi lintas Surabaya-Madiun dan mengetahui karakteristik untuk pemasangan fasilitas deteksi sesuai dengan jalur tersebut. Untuk mengetahui sistem fasilitas yang sesuai, kedua alat tersebut dianalisis dalam hal keandalan sistem, pengaruh lingkungan, kelebihan dan kekurangan, gangguan, pemeliharaan, dan operasional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa cara pendeteksian yang efektif dan efisien pada lalu lintas Surabaya - Madiun adalah pendeteksian fasilitas axle counter kepala ganda. Alat ini sangat cocok untuk dipasang di emplasemen.

Kata Kunci: *sinyal, axle counter, track circuit, jalur kereta*

ABSTRACT

Technology in signaling systems began to develop. One example of technology development in signaling systems in Indonesia is the use of rail way detection facilities. The detector means is a tool that serves to detect the presence or absence of railway facilities on the railway track. The detection equipment is divided into two types, namely axle counter and track circuit. The track circuit detects the presence of a rollingstock on the track, while the axle counter serves to calculate the axle of the train / train. This research aims to find a suitable detection system of facilities and in accordance with the conditions of Surabaya-Madiun and know the characteristics for the installation of detection facilities in accordance with the line. To know suitability of the system, both tools are analyzed in terms of system reliability, environmental influence, advantages and disadvantages, disturbances, maintenance, and operational. The results shown the effective and efficient means of detection on the Surabaya-Madiun traffic was double head axle counter facilities. The tools very suitable for installation on the track.

Keywords: *axle counter, sinyal, track circuit, rail track*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi transportasi di Indonesia berkembang sangat pesat. Pembangunan di berbagai aspek juga dilakukan untuk lebih memajukan transportasi di Indonesia sehingga mampu untuk bersaing

di tingkat dunia. Pada bidang transportasi khususnya perkeretaapian, peningkatan teknologi dan pembangunan sarana prasarana juga dilakukan agar transportasi perkeretaapian lebih diminati oleh masyarakat sebagai moda angkutan umum masal.

Pembangunan pada bidang ini dilakukan di seluruh Indonesia. Mulai dari MRT Jakarta, LRT Jakarta, LRT Palembang, pembangunan trans Sumatera, pembangunan trans Sulawesi, dan pembangunan lintas Jombang-Madiun di Jawa Timur.

Selain pembangunan, teknologi pada sistem persinyalan di Indonesia juga sangat berkembang. Peningkatan sistem persinyalan bertujuan untuk mempermudah pengoperasian serta dapat meningkatkan faktor keselamatan. Selain itu untuk meningkatkan kelancaran perjalanan kereta api perlu adanya peningkatan fasilitas operasi kereta api. Salah satu peningkatan fasilitas operasi kereta api adalah pendeteksi sarana kereta api. Yaitu dengan memaksimalkan kinerja sistem pendeteksi sarana sehingga dapat memperlancar pengoperasian kereta api.

Pendeteksi sarana merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk mendeteksi ada atau tidaknya bakal pelanting pada sepur KA. Alat pendeteksi sarana dibagi menjadi dua macam yaitu axle counter dan track circuit. Track circuit berfungsi untuk mendeteksi keberadaan bakal pelanting atau kereta api pada suatu bagian jalan rel dan pendeteksi keadaan sepur, sedangkan axle counter berfungsi untuk menghitung gandar bakal pelanting atau kereta api.

Pada bidang perkeretaapian memiliki hubungan saling keterkaitan satu sama lain jika dalam satu bidang tidak dapat bekerja dengan baik, maka pengoperasiannya juga tidak akan berjalan dengan baik. Seperti pada lintas Surabaya-Madiun yang merupakan lintas jalur selatan menggunakan 2 alat pendeteksi sarana yang berbeda yaitu track circuit dan axle counter. Kedua peralatan tersebut digunakan hampir di seluruh stasiun yang terdapat pada lintas tersebut. Namun, dalam penggunaan kedua alat pendeteksi tersebut masih tidak efektif dalam penempatan, jenis, dan seringnya mengalami berbagai macam gangguan sehingga dapat mengganggu perjalanan kereta api. Kekurangan dari sistem axle counter ini

adalah kegagalan pembacaan sensor sehingga perlu dicek secara berkala. Pada awal pemakaiannya terdapat keterbatasan pembacaan jumlah axle yaitu 255 axle per kereta, sehingga jika jumlah axle melebihi maka akan terjadi error. *Track Circuit* bekerja dengan memanfaatkan *short circuit* as roda kereta atas arus *feeder* yang diumpangkan pada koil relay *track circuit* juga mempunyai kekurangan yaitu rentan terhadap petir. Jika cuaca sedang buruk kadang sistem elektrik pada track circuit akan mengalami gangguan.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Kozol dan Thurston (2010) tentang perbandingan alat pendeteksi sarana antara *axle counter* dan *track circuit* menunjukkan bahwa *axle counter* lebih efektif dan dengan biaya yang lebih murah.

Berdasar pada latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka penelitian ini diharapkan mampu menemukan sistem deteksi sarana yang cocok dan sesuai dengan kondisi lintas Surabaya – Madiun untuk memperlancar operasi kereta api, Memberikan rekomendasi kepada pihak terkait tentang sistem deteksi sarana yang sesuai dengan lintas Surabaya – Madiun, serta Mengetahui karakteristik untuk pemasangan deteksi sarana yang sesuai dengan lintas tersebut.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Prasarana Perkeretaapian

Prasarana perkeretaapian adalah peralatan penunjang agar kereta api dapat dioperasikan. Prasarana perkeretaapian terdiri atas jalur kereta api, stasiun kereta api, dan fasilitas operasi kereta api. Dengan adanya prasarana perkeretaapian pengoperasian kereta api dapat dioperasikan dengan lancar, aman, nyaman, tepat, dan efisien. Fasilitas operasi kereta api juga termasuk kedalam prasarana perkeretaapian.

Fasilitas operasi kereta api adalah segala fasilitas yang diperlukan agar kereta api dapat

dioperasikan. Fasilitas operasi kereta api terdiri dari persinyalan kereta api, telekomunikasi kereta api, dan instalasi listrik kereta api. Persinyalan kereta api terdiri dari peralatan dalam dan peralatan luar. Peralatan dalam persinyalan kereta api antara lain perangkat *interlocking*, meja pelayanan, peralatan blok, data *logger*, dan catu daya. Sedangkan peralatan luar antara lain peraga sinyal baik elektrik atau mekanik, wesel (point machine), penghalang sarana, media transmisi, sistem proteksi, dan pendeteksi sarana.

Pendeteksi sarana perkeretaapian adalah peralatan yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan sarana perkeretaapian pada jalur kereta api baik di emplasemen maupun di petak jalan. Pendeteksi sarana perkeretaapian menurut cara kerjanya terdiri atas *track circuit* dan *axle counter*.

2.2 Track Circuit

Track circuit merupakan salah satu jenis dari peralatan pendeteksi sarana yang berfungsi untuk mendeteksi bakal pelanting berupa kereta api, langsiran, lori, dan material yang bergerak lainnya yang berada di daerah deteksi. Selain berfungsi sebagai pendeteksi sarana, track circuit juga dapat mendeteksi adanya rel patah. Jarak untuk *track circuit* mendeteksi bakal pelanting di tiap-tiap *section* sejauh 12 Km. *Track circuit* terdiri dari dua jenis yaitu *track circuit* arus searah (DC) dan *track circuit* arus bolak-balik (AC).



Gambar 1 Peralatan *Track Circuit*

Komponen peralatan pendeteksi sarana jenis *track circuit* ini adalah rel konektor, kabel fleksibel, kotak terminal, rel isol, las, plat isol. *Location case* yaitu tempat relay, dan resistor variable, tegangan dari *location case* adalah 11V AC yang kemudian disearahkan dengan dioda bridge menjadi 5V DC. *Join box* merupakan tempat terminasi (terminal) kabel yaitu lanjutan dari *location case*, tegangan dari *join box* dialirkan ke rel sebesar 5V DC. Kabel penghubung yang digunakan untuk menghubungkan arus menuju rel. *Isolated Rail Joint* (IRJ) yaitu plat isolator yang digunakan untuk pemisah antara satu area *track circuit* dengan area *track circuit* lainnya. Persyaratan operasional *track circuit*:

a. Track Circuit AC

- 1) *Track Circuit* terdiri dari *double rail track circuit* dan *single rail track circuit* dengan frekuensi komersial 50 Hz
- 2) *Double rail track circuit* di pasang di luar emplasemen dan *single rail track circuit* dipasang di emplasemen
- 3) Dilengkapi dengan *impedansi bond* untuk perpindahan arus balik gardu traksi dari *single rail* ke *double rail*
- 4) Pada lilitan sekunder *impedansi bond* dilengkapi *surge arrester*
- 5) Pada setiap sambungan rel harus ditambah rel *bonding* untuk arus balik gardu traksi menggunakan minimal kabel aluminium $4 \times 150 \text{ mm}^2$ atau dengan tembaga minimal $2 \times 150 \text{ mm}^2$
- 6) Tahanan balas minimum per kilometer 2 Ohm
- 7) Tahanan *shunt* gandar kereta maksimum 0.3 Ohm/roda

b. Track Circuit DC

- 1) Harus mampu mendeteksi bagian *track* yang diduduki oleh sarana kereta api
- 2) *Track circuit* bekerja berdasarkan terhubung singkatnya kedua rel oleh kedua roda kereta api
- 3) Rangkaian listrik dengan sistem *closed circuit*

- 4) Polaritas rel dititik isolasi (IRJ) harus berlawanan
- 5) Panjang *track circuit* maksimum 1100 meter
- 6) Tahanan balas minimum 2 ohm/km
- 7) Tahanan hubung singkat maksimum 0.3 ohm/roda
- 8) Catu daya sesuai pabrikasi
- 9) *Track rele* tipe *fail safe relay*
- 10) Mekanisme kerja peralatan tidak boleh terganggu induksi elektro magnetik lain yang bukan untuknya

2.3 Axle Counter

Penghitung gandar (Axle Counter) merupakan salah satu dari peralatan pendeteksi sarana yang juga digunakan pada bidang perkeretaapian. Axle counter pada hakikatnya mempunyai fungsi yang sama dengan track circuit yaitu sebagai peralatan pendeteksi sarana atau kereta api.

Selain sebagai pendeteksi sarana, axle counter mempunyai fungsi yang lain yaitu sebagai alat untuk menghitung jumlah gandar yang masuk dan keluar pada area sensor axle counter tersebut. Penghitungan terhadap jumlah gandar tersebut bertujuan untuk pendeteksian kereta api yang lewat di atas sensor tersebut. Sehingga sensor ini dapat memperakurat pendeteksian kereta.

Peralatan pendeteksi sarana jenis axle counter ini berdasarkan jenis dan jumlah sensor nya memiliki dua jenis yaitu double counting head sensor dan single counting head sensor. Double counting head sensor, sebagaimana pada Gambar 2, adalah jenis axle counter yang menggunakan dua pendeteksi (double head sensor) yang digunakan untuk mendeteksi roda kereta api.



Gambar 2 Peralatan luar *axle counter double head*

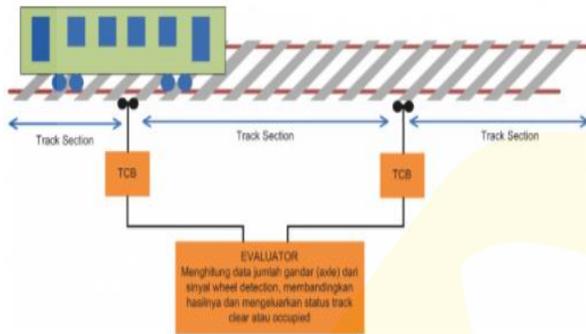
Single counting head sensor, sebagaimana pada Gambar 3, adalah jenis *axle counter* yang menggunakan satu pendeteksi (*single head sensor*) yang digunakan untuk mendeteksi *flange* roda kereta api. Peralatan pendeteksi jenis axle counter terbagi menjadi peralatan dalam ruangan dan peralatan luar ruangan. Peralatan dalam ruangan yaitu *evaluator*. Sedangkan peralatan luar ruangan terdiri dari *wheel sensor* atau *flange detector* dan *trackside connection box*.



Gambar 3 Peralatan luar *axle counter single head*

Axle Counter dapat mendeteksi sarana pada tiap-tiap *section* sejauh 15 Km. Prinsip kerja *axle counter* yaitu bekerja dengan cara menghitung jumlah gandar (*axle*) roda kereta api yang masuk pada *track section* tertentu dan membandingkannya dengan jumlah gandar (*axle*) roda kereta api yang Apabila jumlah gandar yang masuk terhitung lebih besar dari pada jumlah gandar yang keluar, maka *track section* dinyatakan terduduki (*occupied*).

Apabila jumlah gandar yang masuk terhitung sama dengan jumlah gandar yang keluar maka *track section* dinyatakan *clear*. Namun, jika ternyata gandar yang keluar dari *track section* terhitung lebih sedikit dari jumlah gandar yang masuk dapat dipastikan bahwa *counting head* tersebut mengalami gangguan (*error counting*). Kalkulasi dan penentuan *track section occupied* atau *clear* dilakukan pada *evaluator*.



Gambar 4 Prinsip kerja *axle counter*

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Wilayah kerja Balai Teknik Perkeretaapian Kelas 1 Wilayah Jawa bagian Timur adalah seluruh daerah dan lintas yang terdapat di Jawa Timur. Baik lintas utara maupun lintas selatan. Lintas Surabaya-Madiun merupakan lintas yang beroperasi di wilayah selatan Jawa Timur dengan operator dari Daop 8 Surabaya bersama dengan Daop 7 Madiun dengan panjang lintas ±156.004 Km dengan titik 0 Km di Stasiun Surabaya Kota (Sb). Pada lintas tersebut terdapat 24 Stasiun mulai dari Surabaya s.d. Madiun.

Pada lintas tersebut terdapat proyek pembangunan jalur ganda lintas Jombang-Madiun. Pada lintas tersebut juga akan diadakan proses elektrifikasi persinyalan pada beberapa stasiun yang sebelumnya menggunakan persinyalan mekanik menjadi persinyalan elektrik dan penggantian peralatan pendeteksi sarana.

4.2 Analisa Keandalan Sistem Pendeteksi Sarana Lintas Surabaya-Madiun

Untuk mengetahui jenis pendeteksi sarana yang sesuai untuk digunakan pada lintas Surabaya-Madiun, maka perlu dilakukan analisa pada jenis dari pendeteksi sarana pada tingkat keandalan sistem dengan melakukan perbandingan pendeteksi sarana jenis *axle counter* yang menggunakan *single head sensor*, *axle counter* yang menggunakan *double head sensor*, dan *track circuit*. Selain perbandingan dan analisa dari segi keandalan sistem juga dianalisa dari segi kelebihan dan kekurangan sistem, perawatan dan operasional. Setelah melakukan proses analisa dan perbandingan, nantinya bisa didapatkan jenis pendeteksi sarana yang handal dan sesuai pada lintas Surabaya- Madiun sehingga dapat memperlancar perjalanan kereta api.

Berdasarkan data yang diperoleh, aspek keandalan sistem peralatan pendeteksi sarana *axle counter* yang menggunakan *double head sensor* lebih unggul dibandingkan dengan *axle counter* yang menggunakan *single head sensor* dan *track circuit*. Hal tersebut dapat dilihat dan ditinjau dari seberapa sering peralatan tersebut mengalami gangguan serta seberapa sering peralatan tersebut harus dilakukan perawatan. Selain itu jenis dari *axle counter double head sensor* memiliki banyak keunggulan sistem yang sangat handal serta kinerja sistem yang sangat baik dibandingkan dengan jenis pendeteksi sarana *axle counter single head sensor* dan *track circuit*.

4.3 Analisa Aspek Teknis Axle Counter Double Head Sensor

Axle counter double head sensor memiliki tipe pendeteksi gandar *double wheel detector* yang dapat mendeteksi roda kereta api dengan ukuran standar roda di Indonesia yaitu ≥ 865 mm dengan material gandar besi atau baja. Frekuensi operasi dari bagian *transmitter* dan *receiver* 34 kHz dengan konsumsi daya yang

rendah yaitu 5 watt pada tegangan kerja antara 24 V DC s.d 60 V DC.

Bagian pendeteksi gandar yang terpasang di rel harus di pasang pelindung yang dapat melindungi dari kemungkinan benturan atau tekanan secara mekanis yang tidak diinginkan dari bagian-bagian kereta yang lewat di atasnya. Pendeteksi gandar harus dapat dipasang pada semua jenis bantalan kayu, beton, dan besi.



Gambar 5 Pendeteksi gandar (*wheel detector*)

Track Side Connection Box

Peralatan ini berfungsi untuk tempat sambungan kabel dari bagian penghitung gandar ke bagian pendeteksi gandar. *Track side connection box* dipasang di samping rel dan mempunyai fasilitas keamanan, yaitu dapat di kunci untuk menghindari pencurian. *Track side connection box* harus di pasang pelindung yang dapat melindungi dari kemungkinan benturan secara mekanis dari bagian-bagian kereta yang lewat.



Gambar 6 *Track side connection box*

Kabel data Axle counter double head sensor

Kabel yang digunakan untuk menyampaikan informasi dari bagian pendeteksi gandar ke bagian penghitung gandar menggunakan kabel tipe *T-Ej (Pem)E* dengan bahan penghantar solid copper wire dan bahan isolasi solid polyethylene dengan spesifikasi sebagai berikut:

- 1) Diameter kawat 0.9 mm
- 2) *Conductor DC resistance* : 29Ohms/km
- 3) *Insulation resistance* at 20°C : 10.000 M.Ohms.km
- 4) *Mutual capacitance* at 1 KHz : 60 nF/0.5 km
- 5) *Capacitance unbalance* antar pair pada 1 KHz
Max Value: 800 pF/0.5 km
Min Value: 150 pF/0.5 km
- 6) Kekuatan dielektrik : 500 V DC or 350 V AC-1 Menit



Gambar 7 Kabel data *Axle counter double head sensor*

Penghitung Gandar (*Evaluator*)

Peralatan ini berfungsi untuk menghitung dan membandingkan jumlah gandar yang memasuki pendeteksi gandar (*wheel detector*) awal track section dan akhir track section. Peralatan penghitung gandar di pasang di ruangan ER (*Equipment Room*) di stasiun dan terintegrasi dengan sistem interlocking. *Evaluator* terhubung dengan kabel data dengan penghitung gandar yang ada di stasiun sebelah

untuk pengontrolan perjalanan kereta api dan petak jalan.



Gambar 8 Penghitung Gandar (*evaluator*)

4.4 Analisa Gangguan

Survey tentang data gangguan dilakukan pada beberapa sample stasiun pada lintas tersebut yang dianggap mempunyai kapasitas lintas yang padat serta paling sering terjadinya gangguan pada pendeteksi sarana yang akan dilakukan analisis dan perbandingan. Berikut adalah grafik data gangguan yang didapat saat melakukan survey pada stasiun Surabaya Kota dan stasiun Surabaya Gubeng :



Gambar 9 Grafik gangguan pendeteksi sarana jenis *axle counter* dan *track circuit*

Dari hasil grafik data gangguan di atas dapat diketahui bahwa mulai dari bulan Mei 2017 s.d. Juni 2017 untuk gangguan pada pendeteksi sarana dengan jenis *track circuit* mengalami kenaikan terjadinya gangguan, dimana pada bulan Mei 2017 ditemukan gangguan sebanyak 1 kejadian dan pada bulan Juni di temukan hanya 9 kejadian, yang banyak disebabkan

karena putusnya kabel bonding putus, kabel feed putus, maintenance dinas JJ, dan sambungan kabel bonding korosi. Untuk gangguan pada pendeteksi sarana jenis *axle counter single head sensor* pada bulan Mei sampai Juni 2017 mengalami penurunan terjadinya gangguan yaitu sebanyak 7 kejadian pada bulan Mei dan 3 kejadian pada bulan Juni 2017, sebagian besar gangguan disebabkan oleh indikasi *track* merah sendiri, dan *eror counting*. Untuk gangguan pada pendeteksi sarana jenis *axle counter double head sensor* pada bulan Mei 2017 ditemukan kejadian gangguan sebanyak 1 kejadian, mengalami kenaikan pada bulan Juni 2017 menjadi 2 kejadian, gangguan banyak disebabkan karena maintenance dinas JJ (MTT), Modul *generator board hang* sehingga membuat indikasi *track* menjadi merah.

4.5 Aspek Operasional

Berdasarkan data gangguan dan kehandalan sistem yang diperoleh penggunaan *axle counter double head sensor* lebih efisien dibandingkan dengan menggunakan *axle counter single head sensor* dan *track circuit*. Karena gangguan yang terjadi tidak memiliki jumlah peningkatan yang signifikan, Sistem yang dimiliki oleh *axle counter double head sensor* tersebut sangat handal, di sisi lain, perawatan sangat mudah dilakukan dan dapat dilakukan perawatan dengan kurun waktu 6 bulan sekali perawatan dibandingkan dengan sistem *axle counter single head sensor* dan *track circuit* yang memerlukan waktu perawatan 1 bulan sekali.

Sumber Daya Manusia (SDM) yang melakukan perawatan pada peralatan *axle counter double head* adalah dari pihak operator yang dilakukan pada lingkungan lintas Surabaya-Madiun yang memiliki suhu udara 23°C – 31°C, *axle counter double head sensor* sangat efisien digunakan karena sangat kompatibel untuk bekerja pada suhu 12°C-21°C dan tanpa perlu melakukan pengaturan sensitifitas ulang. *Axle counter double head*

sensor juga sangat efisien dan efektif digunakan di petak jalan maupun di emplasemen karena mempunyai peralatan luar yang sedikit dibandingkan dengan jenis pendeteksi sarana lainnya.

4.6 Aspek Biaya

Berdasarkan aspek biaya *axle counter double head* membutuhkan biaya yang mahal dalam pengadaan dan pemasangan peralatan. Namun, dalam perawatan membutuhkan biaya yang sangat murah sehingga dapat lebih menghemat pengeluaran yang dapat digunakan untuk keperluan operasional lain dalam jangka waktu 2-3 tahun kedepan.

Hasil penelitian ini sama dengan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Kozol dan Thurston (2010) yaitu pemasangan serta pemeliharaan *axle counter* lebih cepat dan lebih sederhana daripada instalasi *track circuit* dan perangkat keras terkait.

5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari hasil analisis untuk menjawab tujuan penelitian ini antara lain:

- a. Jenis pendeteksi sarana yang efektif dan efisien yang dapat digunakan pada lintas Surabaya – Madiun adalah pendeteksi sarana *axle counter double head*,
- b. Berdasarkan data keandalan sistem dan perbandingan berbagai aspek dari jenis pendeteksi sarana *axle counter double head* dapat membantu untuk mengurangi terjadinya gangguan pada lintas Surabaya – Madiun sehingga dapat memperlancar perjalanan kereta api,
- c. Berdasarkan data keandalan sistem yang ditinjau dari segi pengaruh terhadap lingkungan dan kondisi di lapangan pendeteksi sarana *axle counter double head* sangat sesuai untuk digunakan pada

lintas Surabaya – Madiun baik di emplasemen maupun di petak jalan karena mempunyai ketahanan sistem dan keamanan yang tinggi.

5.2 Saran

Untuk mengurangi resiko kemungkinan terjadinya gangguan yang dapat menimbulkan resiko seperti keterlambatan dan kecelakaan kereta api, penulis menyarankan kepada pemerintah yang dalam hal ini adalah Direktorat Jendral Perkeretaapian agar melakukan beberapa hal sebagai berikut :

- a. Mengganti sitem pendeteksi sarana pada lintas Surabaya – Madiun menggunakan *axle counter double head sensor* untuk mendeteksi keberadaan kereta api di petak jalan maupun di emplasemen dengan pertimbangan kehandalan sistem yang sangat efektif dan efisien yang dimiliki oleh sistem pendeteksi sarana *axle counter double head sensor*.
- b. Mengingat padatnya frekuensi kereta api yang melintas di lintas tersebut sebelum menggunakan *axle counter double head* adalah sebanyak 28 kereta, diharapkan penggunaan sistem pendeteksian kereta dengan *axle counter double head sensor* dapat mendukung kelancaran perjalanan kereta api dan mengurangi gangguan terkait pendeteksi sarana pada lintas tersebut, sehingga frekuensi kereta api yang melintas di lintas Surabaya – Madiun bisa dinaikkan dua kali lipat dari sebelumnya untuk jangka waktu 2 – 3 tahun kedepan.
- c. Mengganti pendeteksi sarana pada lintas Surabaya – Madiun menggunakan sistem pendeteksi sarana *axle counter double head sensor* karena sistem *axle counter double head sensor* sangat sesuai untuk lintas Surabaya – Madiun dengan ditinjau dan pertimbangan dari segi lingkungan pada lintas tersebut.

6. DAFTAR PUSTAKA

Republik Indonesia, Undang-Undang Republik Indonesia No. 23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian

Kementerian Perhubungan, Peraturan Menteri Perhubungan No. 10 Tahun 2011 tentang Persyaratan Teknis Persinyalan Perkeretaapian

Kementerian Perhubungan, Keputusan Menteri No 22 Tahun 2003 tentang Pengoperasian Kereta Api

API Madiun 2016, Materi pembelajaran tentang dasar persinyalan elektrik
Suherdiana, Rusdi, SIL – 02 (Sistem Interlocking Len), PT LEN INDUSTRI.

Kozol dan Thurston (2010) *Axle Counter vs. Track Circuit – safety in Track Vacancy Detektion And Rail Detection*. Conference Proceeding. www.arena.org