

Analisis *Display* Sinyal Kereta Api di Stasiun Langen

Anggo Hapsoro Pambudy¹, Yayan Harry Yadi², Wahyu Susihono³

^{1, 2, 3}Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

anggo201@yahoo.co.id¹, yayan@ft-untirta.ac.id², wahyu.susihono@ft-untirta.ac.id³

ABSTRAK

Transportasi Kereta Api (KA) merupakan alat angkut yang efisien, cepat, relatif aman dan adaptif terhadap perkembangan jaman. Tujuan penelitian ini menganalisa display persinyalan KA dan semboyan 8 di Stasiun Langen meliputi dimensi, jarak visual, sudut pandang, warna, jarak dan letak sinyal serta papan semboyan 8. Metode yang digunakan adalah analisis display, yaitu dengan membandingkan tebal dan tinggi simbol angka batas kecepatan, kemudian menentukan jarak visual yang optimal bagi masinis untuk melihat sinyal, berdasarkan jarak visual dan tinggi sinyal, kemudian dihitung sudut visual yang terbentuk antara sinyal, mata masinis dengan garis pandang normal standar apakah melebihi sudut batas perbedaan warna atau tidak serta analisis warna sinyal. Selain display, hal-hal yang mendukung keamanan terhadap display sinyal juga diperhitungkan, seperti jarak papan semboyan 8 yang disesuaikan dengan waktu respon manusia standar dan jarak antar sinyal yang disesuaikan dengan jarak pengereman Kereta Api rangkaian terpanjang yang melintas di Langen. Jarak pengereman tersebut dihitung dengan menggunakan rumus Minden dan Simulasi.

Kata kunci: *Display, Ergonomi, Sinyal Kereta Api, Jalan Rel*

PENDAHULUAN

Transportasi Kereta Api (KA) merupakan alat angkut yang efisien, cepat, relatif aman dan adaptif terhadap perkembangan jaman. Keunggulan-keunggulan tersebut membuat Kereta Api dimanfaatkan masyarakat untuk mobilitas. Kereta Api merupakan sarana pendukung dalam usaha menurunkan polusi yang diakibatkan oleh banyaknya kendaraan bermotor.

Terdapat berbagai macam masalah dalam operasional Kereta Api. Berdasarkan data jenis kecelakaan Kereta Api yang diambil dari Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) pada tahun 2007 hingga 2011, kecelakaan tumburan antar KA yaitu 29%, anjlok 64% dan lain-lain sebesar 7%. Faktor penyebab kecelakaan Kereta Api diakibatkan oleh faktor prasarana 32%, sarana 34%, manusia 17%, eksternal 7% dan operasional 10% (*Database KNKT, 2011*). Berdasarkan data KNKT, faktor yang dominan menjadi penyebab kecelakaan Kereta Api, adalah sarana dan prasarana.

Studi dilakukan di Stasiun Langen, yaitu stasiun yang pernah menjadi lokasi terjadinya tumburan antara Kereta Api 174 Kutojaya dengan Kereta Api 103 Mutiara Selatan. Menurut rekomendasi KNKT nomor: KNKT/001/1/II/REK. KA/11, kecelakaan yang terjadi pada 28 Januari 2011, jam 02.24 WIB disebabkan oleh pelanggaran sinyal oleh masinis KA Mutiara Selatan yang seharusnya berhenti di sinyal masuk Stasiun Langen yang menunjukkan aspek menyala merah, karena rute masih mengarah ke jalur III yang seharusnya untuk KA Kutojaya. KA Mutiara Selatan

melakukan pengereman darurat untuk menghindari tumburan, namun karena jarak kedua KA yang tidak memungkinkan dengan pengereman mendadak pada kecepatan 70 km/jam, tumburan tidak dapat dihindarkan.

Papan "semboyan 8" di area Stasiun Langen yang berfungsi untuk menyadarkan masinis yang mengantuk terletak setelah sinyal muka. Jika masinis yang mengantuk saat mengoperasikan KA terbangun oleh semboyan 8 di area Stasiun Langen, maka dia tidak akan dapat melihat posisi sinyal muka menunjukkan aspek kuning atau hijau. Jika ternyata sinyal muka tersebut kuning, maka KA yang dalam kecepatan 70 km/jam kemungkinan besar tidak dapat berhenti tepat di hadapan sinyal masuk yang menunjukkan aspek merah walaupun direm penuh, sehingga dapat terjadi tumburan antar KA dan peran semboyan 8 menjadi percuma. *Display* sinyal yang sesuai prinsip ergonomi, yaitu memiliki dimensi, sudut pandang, warna dan letak antar sinyal yang dapat direspon oleh masinis sehingga mampu mencegah gangguan-gangguan dalam operasional Kereta Api, seperti tabrakan, anjlok, keterlambatan dan dibatalkannya perjalanan KA akibat kondisi di atas.

Permasalahan dari penelitian ini, yaitu bagaimana kondisi *display* sinyal *existing* di Langen. Tujuan penelitian adalah menganalisa *display* persinyalan Kereta Api kondisi *existing* di Stasiun Langen yang meliputi dimensi, jarak visual, sudut pandang, warna dan letak antar sinyal serta letak papan semboyan 8. Harapan dari penelitian ini adalah kondisi sinyal dan prasarana pendukungnya *existing* diperbaiki jika ada

bagian yang perlu diperbaiki agar kecelakaan Kereta Api yang disebabkan oleh pelanggaran sinyal dapat dicegah.

METODE PENELITIAN

Penelitian diawali di PT. KAI dan Kemenhub. Studi pendahuluan dilakukan untuk mengetahui faktor apa yang paling sering menyebabkan kecelakaan kereta api. Berdasarkan data KNKT mengenai Analisis Data Kecelakaan dan Investigasi Kereta Api Tahun 2007 – 2011, faktor terbanyak penyebab kecelakaan KA adalah sarana dan prasarana. Tempat observasi yang dipilih yaitu Stasiun Langen, karena pernah menjadi lokasi tumburan antar KA yang disebabkan masinis yang melanggar prasarana sinyal. Studi literatur dilakukan untuk mencari tahu bagaimana sistem persinyalan kereta api di Indonesia saat ini dari sumber-sumber berupa buku atau hasil penelitian serta mencari teori-teori pendukung dalam penelitian ini.

Pada tahap penetapan masalah, dilakukan identifikasi masalah yang didapat dari surat rekomendasi KNKT terhadap PT. KAI nomor: KNKT/001/1/II/REK. KA/11, yaitu pelanggaran sinyal oleh masinis yang menyebabkan tumburan antar KA. Masalah tersebut, yaitu apakah *display* sinyal di Stasiun Langen sudah ergonomis atau tidak dan apakah ada bagian sinyal yang perlu diperbaiki. Berdasarkan masalah yang telah ditetapkan, diperoleh tujuan penelitian, yaitu menganalisa apakah *display* sinyal *existing* sudah sesuai dengan prinsip-prinsip *display* yang ergonomi atau tidak.

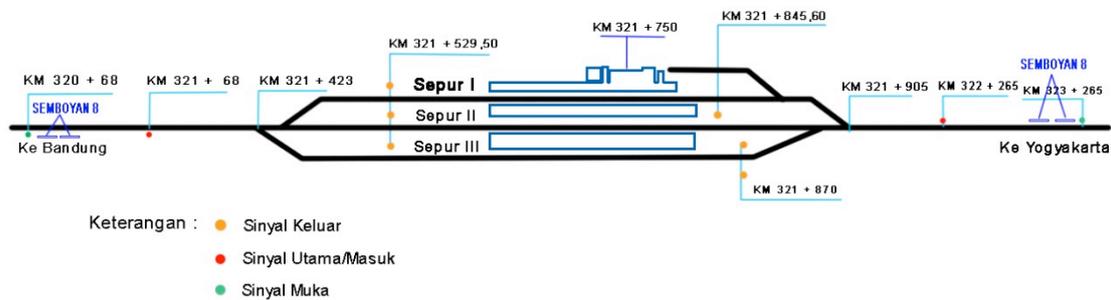
Pengumpulan data dilakukan dengan membaca literatur untuk mengetahui sistem kerja persinyalan KA, rumus jarak pengereman KA dan faktor-faktor yang mempengaruhi jarak pengereman, seperti prosentase

pengereman, faktor kecepatan, jenis rem, faktor koreksi tanjakan dan faktor koreksi panjang rangkaian. Kemudian melakukan observasi di Stasiun Langen untuk mengetahui dimensi sinyal dan jarak antar sinyal yang terdapat di stasiun tersebut dengan cara mengukur menggunakan meteran dan *software google earth*. Kemudian mengetahui batas kecepatan KA di lintas, lereng pengereman, jumlah terbanyak kereta pada satu rangkaian KA yang melewati lintas yang diobservasi dan jenis lokomotif yang digunakan untuk menarik KA di lintas yang diobservasi. Kemudian berdasarkan waktu respon manusia mengukur letak papan semboyan 8 yang sesuai agar masinis yang mengantuk dapat melihat sinyal muka saat tersadar karena hempasan angin dari semboyan 8.

Setelah data terkumpul, kemudian mengolah data yang dengan menghitung dimensi sinyal, jarak visual antara masinis ke *display* sinyal, sudut penglihatan pada jarak visual, jarak pengereman KA, warna sinyal serta letak papan semboyan 8. Hasil pengolahan data dianalisa apakah *display* sinyal *existing* sudah sesuai dengan prinsip-prinsip *display* yang ergonomi atau tidak. Jika ergonomis, maka hasil *display* dapat disimpulkan. Jika tidak ergonomis, maka *display* diredesain atau rancang ulang, kemudian dianalisa kembali. Hasil yang diperoleh dari pengumpulan, pengolahan dan analisa data akan dirangkum menjadi kesimpulan serta memberikan saran perbaikan yang perlu dilakukan, setelah itu penelitian berakhir karena tujuan penelitian sudah tercapai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara umum denah stasiun Langen beserta letak sinyalnya digambarkan seperti pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Denah Emplasemen Stasiun Langen

Jarak sinyal muka ke sinyal masuk dan jarak sinyal masuk ke wesel paling ujung Stasiun Langen dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1 Jarak Antar Sinyal di Stasiun Langen

	Jarak Sinyal (meter)	
	Dari arah Yogya	Dari arah Bandung
Sinyal masuk ke wesel terujung	360	355
Sinyal muka ke sinyal masuk	1000	1000

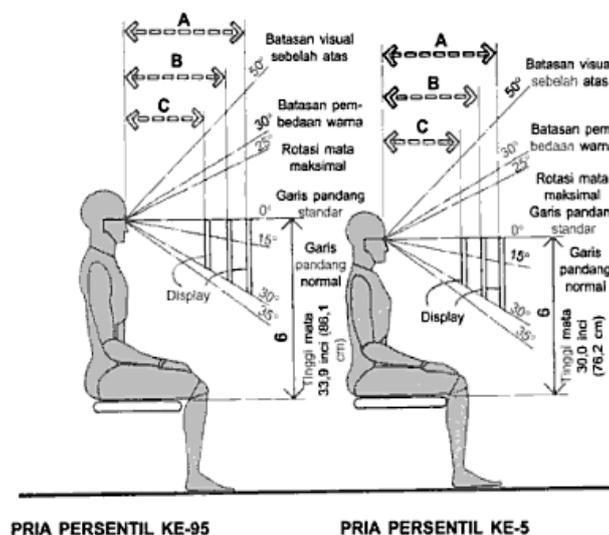
Hasil yang didapat pada perhitungan untuk menganalisa *display* sinyal, ditampilkan pada tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Hasil Perhitungan untuk Analisa *Display* Sinyal

	Jarak visual (m)	Sudut Visual bagian atas garis pandang standar (derajat)	Sudut Visual bagian bawah garis pandang standar (derajat)	Perbandingan tebal dan tinggi angka batas kecepatan
Sinyal Keluar	28	4,47	-	1 : 6
Sinyal Masuk	28	2,35	0,509	1 : 12,5
Sinyal Muka	28	0,72	0,509	-

Berdasarkan tabel 2 diatas, sudut yang terbentuk antara mata masinis saat melihat bagian *display* lampu sinyal yang paling tinggi dengan garis pandang standar bagian atas, yaitu $4,47^\circ$ pada sinyal keluar, $2,35^\circ$ pada sinyal masuk dan $0,72^\circ$ pada sinyal muka. Sudut yang terbentuk antara mata masinis saat melihat bagian paling bawah *display* lampu sinyal dengan garis pandang standar bagian bawah, yaitu $0,509^\circ$ pada sinyal masuk dan $0,509^\circ$ pada sinyal muka. Jarak visual untuk melihat lampu sinyal sejauh 28 m. Panero dan Zelnik (1979) yang menyebutkan bahwa batas perbedaan warna adalah pada sudut visual 30° dari garis pandang standar. Oleh karena itu, diharapkan masinis dapat melihat kondisi warna lampu sinyal dengan optimal.

Pada bagian atas sinyal keluar dan sinyal masuk terdapat angka petunjuk batas kecepatan Kereta Api. Perbandingan dimensi tebal dengan tinggi angka batas kecepatan pada sinyal keluar adalah 4 cm : 24 cm atau 1 : 6. Perbandingan dimensi tebal dengan tinggi angka batas kecepatan pada sinyal masuk 4 cm : 50 cm atau 1 : 12,5. Sutalaksana, dkk (2006) menyebutkan huruf yang berwarna putih dengan dasar hitam, perbandingan 1 : 13,3 merupakan perbandingan paling baik. Oleh karena itu, angka petunjuk batas kecepatan pada sinyal masuk lebih baik daripada angka petunjuk batas kecepatan pada sinyal keluar, karena lebih mendekati perbandingan 1 : 13,3.



Gambar 2. *Display* dengan Pengamat dalam Posisi Duduk (Sumber: Panero dan Zelnik, 1979)

Pengujian jarak pengereman dilakukan untuk mengetahui apakah jarak sinyal muka ke sinyal masuk Stasiun Langen sudah memungkinkan kereta api yang melintas di sana dapat berhenti tepat di hadapan sinyal masuk jika sinyal muka menunjukkan aspek kuning. Pengujian tersebut menggunakan rumus Minden.

$$L = \frac{3,95 \cdot V^2}{6,1 \cdot \psi \cdot \left(1 + \frac{2x}{10}\right) \pm i_r} \quad (m) \quad (1)$$

Dengan menggunakan rumus Minden di atas, didapat jarak pengereman Kereta Api dari arah Bandung, yaitu 419 m dan dari arah Yogyakarta, yaitu 351 m.

Jika sinyal masuk menunjukkan angka 4, maka kereta akan memasuki wesel yang mengarah ke sepur belok dengan kecepatan maksimal 40 km/jam. Jika kecepatan tersebut dilampaui, maka akan ada kemungkinan kereta akan anjlok karena gaya sentrifugal. Agar tidak terjadi hal demikian, jarak pengereman dari sinyal masuk ke wesel terujung perlu dihitung dan dianalisa apakah jarak *existing* sudah sesuai dengan jarak pengereman dari kecepatan 70 km/jam mencapai 40 km/jam. Perhitungan dilakukan dengan

mengurangi jarak pengereman dari 70 km/jam ke 0 km/jam dengan jarak pengereman dari 40 km/jam ke 0 km/jam. Selain menggunakan perhitungan, jarak pengereman juga diuji dengan *simulator*. Menurut Hartono (2001), Uji coba pengereman harus dilakukan melalui uji coba stasioner (rumus) dan uji coba operasional. Uji coba stasioner dilakukan dengan maksud untuk mengetahui tekanan udara pada pipa utama, reservoir dan silinder rem serta mengetahui waktu pengereman yang dibutuhkan sewaktu melakukan pengereman dan pelepasan (Hartono, 2001). Uji coba operasional dilakukan dengan maksud mengetahui jarak pengereman pada berbagai kecepatan (Hartono, 2001). Karena tidak memungkinkan untuk uji coba operasional, maka digunakan *simulator*. Pada tabel 3, dapat dilihat hasil perhitungan dan hasil *simulator* untuk mengetahui jarak pengereman Kereta Api.

Tabel 3. Jarak Pengereman KA di Area Stasiun Langen

	Jarak <i>existing</i> (m)	Jarak pengereman perhitungan (m)	Jarak pengereman simulasi (m)
		419	450
Jarak sinyal muka ke sinyal masuk (dari arah Bandung)	1000	(70 - 0 km/jam)	(70 - 0 km/jam)
		262	370
Jarak sinyal masuk ke wesel paling ujung (dari arah Bandung)	355	(70 - 40 km/jam)	(70 - 40 km/jam)
		351	380
Jarak sinyal muka ke sinyal masuk (dari arah Yogya)	1000	(70 - 0 km/jam)	(70 - 0 km/jam)
		220	310
Jarak sinyal masuk ke wesel paling ujung (dari arah Yogya)	360	(70 - 40 km/jam)	(70 - 40 km/jam)

Pada tabel 3 dijelaskan, dari hasil perhitungan, jarak pengereman 70 hingga 0 km/jam untuk Kereta Api dengan rangkaian 11 kereta di area Stasiun Langen dari arah Bandung, yaitu 419 m dan dari arah Yogyakarta, yaitu 351 m. Jarak pengereman 70 hingga 40 km/jam untuk Kereta Api dengan rangkaian 11 kereta di area Stasiun Langen dari arah Bandung, yaitu 262 m dan dari arah Yogyakarta, yaitu 220 m. Dari hasil simulasi, jarak pengereman 70 hingga 0 km/jam untuk Kereta Api dengan rangkaian 11 kereta di area Stasiun Langen dari arah Bandung, yaitu 450 m dan dari arah Yogyakarta, yaitu 380 m. Jarak pengereman 70 hingga 40 km/jam untuk Kereta Api dengan rangkaian 11 kereta di area Stasiun Langen dari arah Bandung, yaitu 370 m dan dari arah Yogyakarta, yaitu 310 m. Jarak sinyal muka ke sinyal masuk dari arah Bandung dan Yogyakarta yaitu 1000 m, lebih panjang dari jarak

pengereman Kereta Api pada kecepatan 70 hingga 0 km/jam dari kedua arah, baik jarak dari hasil perhitungan maupun simulasi, sehingga saat Kereta Api mulai mengerem tepat di sinyal muka, Kereta Api tidak akan melewati sinyal masuk atau tidak terjadi pelanggaran sinyal. Jarak sinyal masuk ke wesel paling ujung dari arah Yogyakarta yaitu 360 m, lebih panjang daripada jarak pengereman Kereta Api pada kecepatan 70 hingga 40 km/jam, baik jarak hasil perhitungan maupun simulasi, sehingga saat Kereta Api melewati sepur belok pada wesel kemungkinan tidak akan keluar rel. Jarak sinyal masuk ke wesel paling ujung dari arah Bandung yaitu 355 m. Pada hasil perhitungan, jarak pengereman Kereta Api dari arah Bandung lebih pendek daripada jarak sinyal masuk ke wesel paling ujung. Tetapi, jarak pengereman Kereta Api dari arah Bandung berdasarkan hasil simulasi, lebih panjang daripada jarak

sinyal masuk ke wesel paling ujung sehingga dikhawatirkan Kereta Api akan terlempar keluar rel saat melewati sepur belok pada wesel karena kecepatannya

melebihi batas yang direkomendasikan, yaitu 40 km/jam.



Gambar 3. Papan Semboyan 8 dan Sinyal Muka Stasiun Langen

Sinyal muka Stasiun Langen berjarak 1000 m dari sinyal masuk yang berarti, letak semboyan 8 tidak sesuai aturan Reglemen 13 karena tidak sampai 1000 m dari sinyal masuk. Semboyan 8 yang terletak setelah sinyal muka akan percuma, karena masinis yang sedang mengantuk, ketika terbangun oleh hempasan angin dari semboyan 8 tetap tidak dapat melihat kondisi sinyal muka, sehingga membahayakan perjalanan KA.

Agar semboyan 8 berfungsi secara efektif, harus diletakkan sebelum sinyal muka. Jarak semboyan 8 dari sinyal muka dihitung berdasarkan waktu respon manusia. Waktu respon yang paling sederhana dan cepat biasanya berkisar ± 2 detik (Nurmianto, 2008).

Dalam 2 detik, dan pada kecepatan 70 km/jam, jarak semboyan 8 dari sinyal muka dapat dihitung dengan menggunakan rumus hubungan antara jarak, kecepatan dan waktu.

$$S = v \cdot t \quad (2)$$

Dengan rumus diatas, didapat hasil jarak antara sinyal muka dengan semboyan 8, yaitu 38,92 m dengan jarak antar semboyan 8 tetap mengikuti aturan, yaitu 40 m. Skema posisi semboyan 8 dapat dilihat pada gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Skema Jarak Semboyan 8 terhadap Sinyal

Lampu sinyal di area Stasiun Langen sudah sesuai dengan Peraturan Dinas 3 PT. KAI. Lampu sinyal berwarna merah, kuning dan hijau, tiap warna memiliki aturan tertentu pada operasional Kereta Api. Pada aturan perkeretaapian, lampu menyala merah berarti Kereta Api harus berhenti. Menurut Sastrowinoto (1985), warna merah memberi efek jarak yang dekat, sehingga masinis dapat melihat lampu menyala merah dengan jelas walaupun dari jauh, efek psikis dari warna merah, yaitu sangat mengusik dan terkesiap. Sehingga masinis menjadi cepat tanggap untuk menghentikan Kereta Api. Lampu menyala kuning dalam aturan perkeretaapian, berarti kereta harus berjalan hati-hati, karena sinyal berikutnya menunjukkan warna merah. Pada sinyal di area Stasiun Langen, lampu kuning tidak benar-benar menyala berwarna kuning, melainkan oranye. Menurut Sastrowinoto (1985), warna kuning

memberi efek jarak dekat dan efek psikis merangsang, sedangkan warna oranye memberi efek jarak sangat dekat dan efek psikis merangsang. Lampu sinyal di Langen yang berwarna oranye lebih memberi efek jarak sangat dekat dibanding lampu berwarna kuning, sehingga masinis dapat melihat sinyal dengan jelas, dan dapat merespon pengereman walaupun dari jarak jauh. Lampu menyala hijau dalam aturan perkeretaapian, berarti kereta dapat berjalan sesuai batas kecepatan di lintas. Menurut Sastrowinoto (1985), warna hijau memberi efek jarak yang jauh, tetapi mempunyai efek suhu sangat sejuk dan efek psikis yang sangat menenangkan. Efek jarak yang jauh pada lampu berwarna hijau tidak akan berdampak buruk pada perjalanan KA, karena lampu berwarna hijau berarti menunjukkan jalan di depan aman untuk dilalui. Efek psikis lampu hijau yang sejuk dan sangat menenangkan

memberi kesan aman pada masinis. Tiang sinyal berwarna kuning dan hitam belang-belang. Menurut Sastrowinoto (1985), kontras yang paling besar diperoleh dengan kombinasi warna kuning dan hitam, kontras warna yang kuat dikombinasikan dengan kontras kecerahan akan membuat bagian suatu benda jelas kelihatan, memperpendek waktu persepsi dan mengurangi waktu untuk menemukan benda tersebut. Sehingga masinis dapat melihat dan merespon dengan cepat keberadaan sinyal.

KESIMPULAN

Kondisi *display* sinyal *existing* pada sinyal di area Stasiun Langen yang meliputi dimensi, jarak visual, sudut pandang dan warna sudah sesuai dengan prinsip-prinsip ergonomi dalam pembuatan *display*. Letak antar sinyal sudah sesuai jarak pengereman Kereta Api terpanjang yang melintas di Langen, kecuali untuk jarak sinyal masuk ke wesel paling ujung dari arah Bandung. Ukuran simbol angka petunjuk batas kecepatan pada sinyal masuk lebih baik daripada simbol pada sinyal keluar. Letak papan semboyan 8 diusulkan untuk dirubah dari semula yang berjarak 30 m setelah sinyal muka, menjadi 39 m sebelum sinyal muka.

DAFTAR PUSTAKA

- A. S. Hartono. (2001). "Majalah Jalan Rel". *Kantor Pusat PT KAI*. Bandung.
- [Kemenhub. (2012). KNKT.
<http://dephub.go.id/view/link/knkt/>. (Diakses tanggal 12 Januari 2012).
- KNKT. (2012). "Analisis Data Kecelakaan dan Investigasi Kereta Api Tahun 2007 – 2011". *Kementerian Perhubungan*. Jakarta.
- Nurmianto, E. (2008). "Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya". *Guna Widya*. Surabaya.
- Panero, J dan Zelnik, M. (1979). "Human Dimension & Interior Space". *The Architectural Press Ltd*. London.
- PT INKA, LPPM dan ITS. (2010). "Laporan Kemajuan Studi Rancang Bangun Maskara KRL – KFW, Lokomotif Dobel Kabin dan Animasi Kereta Api Bandara". *INKA dan ITS*. Madiun.
- PT KAI. (2010). "Peraturan Dinas 3 Mengenai Semboyan". *Kantor Pusat PT KAI*. Bandung.
- Sastrowinoto, S. (1985). "Meningkatkan Produktivitas dengan Ergonomi". *Pertja*. Jakarta.