

PERENCANAAN GEOMETRIK JALUR GANDA JALAN REL KERETA API PADA RUAS BANGIL-SIDOARJO

Salsabela^{1,*}, Dwi Ratnaningsih²

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang²

Email: sabelsaa66@gmail.com¹, dwi.ratnaningsih@polinema.ac.id²

ABSTRAK

Jalur kereta Bangil–Sidoarjo merupakan jalur vital yang sering mengalami keterlambatan keberangkatan dan kedatangan kereta akibat sistem jalur tunggal. Jalur tunggal ini juga menjadi salah satu faktor dari resiko keselamatan operasional dengan kondisi volume lalu lintas yang padat. Untuk mengatasi hal ini, pemerintah merencanakan pembangunan jalur ganda. Penelitian ini bertujuan merencanakan jalur ganda baru yang efektif dan perencanaan geometrik jalan rel. Data yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu data primer berupa trase dan kondisi jalur rel eksisting yang diperoleh dari survei inventaris dan data sekunder berupa volume *traffic* kereta sepanjang jalur rel yang diperoleh dari GAPEKA 2025. Metode yang digunakan bersifat kuantitatif dengan bantuan Microsoft Excel dan *OpenRail Designer*. Hasil menunjukkan bahwa jalur baru sepanjang 21,483 km yang efektif akan direncanakan sejajar dengan jalur eksisting, dimana jalur ganda dari stasiun Bangil – stasiun Porong akan diletakkan di sisi kiri jalur lama sedangkan jalur ganda dari stasiun Porong – stasiun Sidoarjo diletakkan di sisi kanan jalur lama. Perencanaan geometrik menggunakan *OpenRail Designer* menghasilkan 17 tikungan horizontal dengan kecepatan rencana 120 km/jam, terdiri dari 16 lengkung tipe SCS dan 1 lengkung tipe FC. Untuk alinyemen vertikal, direncanakan tiga lengkung dengan jari-jari 8000 m sesuai kecepatan rencana yang sama.

Kata kunci : jalur ganda; kereta api; geometrik jalur ganda

ABSTRACT

The Bangil–Sidoarjo railway line is a vital route that frequently experiences train departure and arrival delays due to its single-track system. This single track is also a contributing factor to operational safety risks, especially under high traffic volumes. To address this issue, the government plans to construct a double-track railway. This study aims to design an effective new double-track line and conduct geometric planning for the railway. The data used in this study includes primary data in the form of the alignment and existing track conditions obtained from an inventory survey, and secondary data in the form of train traffic volume along the railway line, obtained from the 2025 Train Schedule (GAPEKA 2025). The method applied is quantitative, utilizing Microsoft Excel and OpenRail Designer as supporting tools. The results indicate that a new 21.483-kilometer-long effective track will be designed parallel to the existing line. The new track from Bangil Station to Porong Station will be placed on the left side of the existing line, while the new track from Porong Station to Sidoarjo Station will be on the right side of the existing line. The geometric planning conducted using OpenRail Designer resulted in 17 horizontal curves with a design speed of 120 km/h, consisting of 16 SCS-type curves and 1 FC-type curve. For the vertical alignment, three curves with a radius of 8000 meters are planned in accordance with the same design speed.

Keywords : double track; railway; double track geometry

1. PENDAHULUAN

Perkeretaapian merupakan moda transportasi penting yang mendorong pertumbuhan ekonomi, membuka akses ke wilayah terpencil, memperkuat integrasi nasional, serta

mempengaruhi berbagai aspek kehidupan masyarakat. Seiring meningkatnya permintaan mobilitas orang dan barang, penyelenggaraan perkeretaapian harus dikelola

secara terpadu dalam sistem transportasi nasional yang selamat, aman, efektif, dan efisien. [5]

Stasiun Bangil dan Stasiun Sidoarjo merupakan stasiun kelas I yang berada di bawah wilayah Daerah Operasi 8 Surabaya, masing-masing terletak di ketinggian +9 m dan +4 m. Jalur penghubung keduanya sepanjang $\pm 21,528$ km masih menggunakan sistem jalur tunggal (single track), yang merupakan koridor penting karena menjadi pertemuan dua lintas dari Daop 7 dan Daop 9 menuju Surabaya. Jalur ini dilalui oleh 19 kereta penumpang dan 5 kereta logistik pulang-pergi setiap harinya, menunjukkan tingginya volume lalu lintas. Frekuensi lalu lintas yang tinggi pada jalur ini kerap menyebabkan keterlambatan, dan kondisi single track memperburuk gangguan operasional serta meningkatkan risiko keselamatan. Sebagai contoh, insiden anjloknya KA Pandulangan di Stasiun Tanggulangin (14 Januari 2024) berdampak pada 10 kereta yang harus mengalami pola operasi memutar (Tempo.com). Kejadian ini menjadi peringatan penting akan perlunya peningkatan kapasitas lintasan untuk mengurangi resiko keselamatan operasional.

Selain itu, jalur Bangil–Sidoarjo merupakan bagian dari trase strategis Surabaya–Bangil–Malang–Blitar yang termasuk dalam Rencana Induk Percepatan Pembangunan Ekonomi Kawasan Gresik–Bangkalan–Mojokerto–Surabaya–Sidoarjo–Lamongan serta Kawasan Selingkar Wilis dan Lintas Selatan (Perpres No. 80 Tahun 2019), serta Rencana Induk Perkeretaapian Nasional (RIPNAS) 2030. Sejalan dengan kebijakan pemerintah, solusi utama untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah pembangunan jalur ganda (double track).

Penelitian ini akan membahas perencanaan geometrik jalur ganda dari Stasiun Bangil ke Stasiun Sidoarjo, yang mencakup analisis penempatan trase yang efektif, volume kereta dan desain geometrik rel. Perencanaan dilakukan berdasarkan Peraturan Dinas No. 10 Tahun 1986, Permenhub No. 60 Tahun 2012, serta regulasi teknis lainnya. Trase jalur ganda akan mengikuti rute eksisting yang ada, dengan bantuan perangkat lunak OpenRail Designer untuk pemodelan dan perhitungan teknis.

Dalam analisis ini, tahapan yang perlu dilakukan dalam perencanaan geometrik jalur ganda yaitu sebagai berikut:

Perencanaan trase jalur ganda

Perencanaan ini mengacu pada trase eksisting yang dipertimbangkan sesuai Permenhub No. 11 Tahun 2021. Pertimbangan meliputi kondisi geografis, topografi, permukiman, jalan, dan kebutuhan pembebasan lahan.

Analisis volume kereta api

Pada analisis ini meliputi perhitungan jumlah angkutan tahunan dan pertumbuhan volume menggunakan Microsoft

Excel, dengan memperhatikan jenis kereta, beban gandar, dan pertumbuhan tonase.

Daya angkut lintas yaitu kapasitas suatu jalur kereta api dalam mengangkut beban dalam jangka waktu satu tahun. Besarnya daya angkut ini ditentukan oleh karakteristik lalu lintas seperti jenis dan jumlah beban, serta kecepatan operasi kereta api. Daya angkut ini dinyatakan dengan simbol T dan memiliki satuan ton per tahun. [1]

$$T = 360 \times S \times TE$$

$$TE = T_p + (K_b + T_b) + (K_1 + T_1)$$

Dengan:

T : Kapasitas angkut lintas (ton/bulan)

TE : Tonase ekivalen (ton/hari)

T_p : Tonase penumpang dan kereta harian

T_b : Tonase barang dan gerbong harian

T_1 : Tonase lokomotif

S : Koefisien yang besarnya tergantung pada kualitas lintas, yaitu

$S = 1,1$ untuk lintas dengan kereta penumpang dengan kecepatan maksimum 120 km/jam

$S = 1,0$ untuk lintas tanpa kereta penumpang

K_b : Koefisien yang besarnya tergantung pada beban gandar, yaitu:

$K_b = 1,5$ untuk beban gandar < 18 ton

$K_b = 1,3$ untuk beban gandar > 18 ton

K_1 : Koefisien yang besarnya ditentukan yaitu sebesar 1,4

Analisis geometrik jalan rel

Pada analisis ini mencakup perhitungan alinyemen horizontal dan vertikal sesuai Permenhub No. 60 Tahun 2012. Untuk mendukung perhitungan dan pemodelan, digunakan software Microsoft Excel dan OpenRail Designer. Perhitungan geometrik meliputi penentuan lebar sepur, titik PI dan PVI, kelandaian, serta komponen lengkung, baik horizontal maupun vertikal, dengan memastikan tidak terjadi overlap pada tiap titik.

Menurut [2] berikut langkah-langkah untuk menghitung nilai alinyemen horizontal :

$$h = 5.95 \times \frac{V^2}{R}$$

$$Lh = 0,01. h. V$$

$$\theta_s = \frac{90 \times Lh}{\pi \times R}$$

$$Lc = \frac{(\Delta - 2\theta_s) \times \pi \times R}{180}$$

$$P = \frac{Lh^2}{6 \times R} - R \times (1 - \cos\theta_s)$$

$$k = Lh - \frac{Lh^3}{40 \times R^2} - (R \times \sin\theta_s)$$

$$Ts = (R + p) \times tg\left(\frac{1}{2}\Delta\right) + k$$

$$E = \frac{(R+p)}{\cos(\frac{1}{2}\Delta)} - R$$

$$Xs = Lh \times \left(1 - \frac{Lh^2}{40 \times R}\right)$$

$$Ys = \frac{Lh^2}{6 \times R}$$

Menurut [2] berikut langkah-langkah untuk menghitung nilai alinyemen vertikal :

$$Xm = \frac{R}{2} \times \theta$$

$$Ym = \frac{R}{8} \times \theta^2$$

$$L = 2 \times Xm$$

$$\text{Elevasi PLV} = PPV - G1 \times \frac{1}{2} \times L$$

$$\text{Elevasi PTV} = PPV - G2 \times \frac{1}{2} \times L$$

$$\text{Elevasi PPV} = PPV - \frac{\Delta i \times L}{800}$$

2. METODE

Data yang diperlukan dalam perencanaan jalur alternatif dari Stasiun Bangil ke Stasiun Sidoarjo terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer mencakup trase jalur rel eksisting, kondisi dan lebar ruang sekitar rel, serta informasi kepemilikan lahan. Data ini diperoleh melalui survei inventaris di lapangan, yang meliputi pengamatan langsung, dokumentasi visual, pengukuran ruang sisi rel (rumaja, rumija, ruwasja), dan wawancara dengan pihak terkait untuk mengetahui status kepemilikan lahan.

Sementara itu, data sekunder diperoleh dari instansi dan sumber resmi. Data tersebut mencakup data jalur dan stasiun eksisting dari PT KAI, data perjalanan kereta dari GAPEKA 2025 untuk menghitung volume lalu lintas dan menentukan kelas jalan rel, serta data elevasi jalur dari GAPEKA 2025 untuk keperluan desain geometrik. Selain itu, peta topografi dari BIG digunakan untuk menganalisis kontur dan tata guna lahan sekitar jalur. Data spesifikasi kereta dari PT INKA dan PT KAI digunakan untuk mempertimbangkan beban rencana.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tingginya volume perjalanan kereta api di jalur Bangil–Sidoarjo kerap menimbulkan keterlambatan keberangkatan dan kedatangan, yang berdampak pada ketidaktepatan jadwal secara keseluruhan. Kondisi ini diperburuk oleh penggunaan jalur tunggal, sehingga diperlukan pengembangan menjadi jalur ganda.

Trase Jalur Ganda

Perencanaan trase jalur ganda ini bertujuan menentukan lokasi strategis untuk pembangunan rel tambahan, dengan mempertimbangkan pemukiman warga, panjang trase, elevasi, serta aspek kepemilikan dan pembebasan lahan sesuai Peraturan Menteri Perhubungan No. 11 Tahun 2012.

Pemilihan trase baru didasarkan pada peninjauan ulang terhadap jalur eksisting, yang ditindaklanjuti melalui survei

inventaris guna memperoleh data ketersediaan dan kepemilikan lahan. Pada segmen Stasiun Bangil hingga Stasiun Porong (Sta 47+038 – Sta 34+651), jalur baru direncanakan di sisi kiri jalur lama, berdampingan dengan Jalan Raya Pantura. Sebagian besar lahan berupa persawahan dan perkebunan milik PT. KAI, meskipun terdapat area permukiman dan industri. Pembebasan lahan relatif sedikit, hanya diperlukan di beberapa titik yang berdekatan dengan bangunan warga, dengan kondisi topografi yang relatif datar sehingga mempermudah pelaksanaan proyek.



Gambar 1. Trase Baru Stasiun Bangil – Stasiun Porong

Sumber: Google Earth, diakses pada 20 April 2025

Segmen selanjutnya, dari Stasiun Porong ke Stasiun Tanggulangin (Sta 34+651 – Sta 31+072), jalur direncanakan di sisi kanan rel lama dan sebagian besar berada di atas tanggul lumpur Lapindo serta berbatasan dengan Jalan Raya Surabaya–Malang. Lahan di segmen ini didominasi aset milik PT. KAI, dengan pembebasan lahan yang minim karena lahan milik KAI masih mencukupi. Topografi yang datar juga mendukung kemudahan pembangunan.



Gambar 2. Trase Baru Stasiun Porong – Stasiun Tanggulangin

Sumber: Google Earth, diakses pada 20 April 2025

Pada segmen terakhir dari Stasiun Tanggulangin hingga Stasiun Sidoarjo (Sta 31+072 – Sta 25+510), jalur baru direncanakan di sisi kanan jalur eksisting dan melintasi wilayah dengan tingkat kompleksitas tinggi karena didominasi permukiman warga. Beberapa lahan kosong milik PT. KAI telah dialihfungsikan menjadi area usaha masyarakat. Di jalur ini juga terdapat situs sejarah yang dilindungi pemerintah. Pembebasan lahan cukup signifikan karena banyaknya lahan milik PT. KAI yang telah digunakan warga. Meskipun demikian, topografi tetap datar dan mendukung pembangunan teknis.



Gambar 3. Trase Baru Stasiun Tanggulangin – Stasiun Sidoarjo

Sumber: Google Earth, diakses pada 20 April 2025

Volume Kereta

Dalam penelitian ini, estimasi volume kereta penumpang dan barang diperoleh berdasarkan jumlah perjalanan kereta yang beroperasi di wilayah kerja Daerah Operasi 8 PT Kereta Api Indonesia. Menurut Grafik Perjalanan Kereta Api atau GAPEKA 2025 di wilayah Pulau Jawa, didapatkan data lalu lintas pada jalur rel Bangil-Sidoarjo sebanyak 48 perjalanan perhari, yang terdiri dari kereta penumpang dan juga kereta logistik. Berikut merupakan hasil analisis volume kereta api:

Tabel 1. Volume Kereta Api Penumpang Tahun Ke-n

Volume Kereta Api Penumpang 5 Tahun Kedepan

n	Tahun	Pertumbuhan 10.71%
1	2025	15080393.44
2	2026	16539812.48
3	2027	17999231.52
4	2028	19458650.56
5	2029	20918069.6

Sumber : Hasil Analisis, 2025

Tabel 2. Volume Kereta Api Barang Tahun Ke-n

Volume Kereta Api Barang 5 Tahun Kedepan

n	Tahun	Pertumbuhan 3.70%
1	2025	14125128.26
2	2026	14629282.13
3	2027	15133435.99
4	2028	15637589.86
5	2029	16141743.72

Sumber : Hasil Analisis, 2025

Geometrik Jalan Rel

Alinyemen Horizontal

Berdasarkan hasil Analisa perhitungan dan perencanaan lengkung horizontal dengan kecepatan rencana maksimal di 120 km/jam. Dengan total keseluruhan lengkung horizontal sebanyak 17 tikungan dengan 2 tipe lengkung yang berbeda.

Tabel 3. Perencanaan Kecepatan dan Tikungan

Tikungan	V maks (km/jam)	V rencana (km/jam)	R min Tabel (m)	R min (m)	R Rencana (m)	Jenis Tikungan
SP-PI1-PI2	120	100	550	540	650	SCS
PI1-PI2-PPI3	120	120	2370	2361.6	2500	FC
PI2-PI3-PI4	120	120	780	777.6	1200	SCS
PI3-PI4-PI5	120	120	780	777.6	1000	SCS
PI4-PPI5-PI6	120	100	550	540	750	SCS
PI5-PI6-PI7	120	100	550	540	750	SCS
PI6-PI7-PI8	120	120	780	777.6	950	SCS
PI7-PI8-PI9	120	120	780	777.6	1400	SCS
PI8-PI9-PI10	120	120	780	777.6	1400	SCS
PI9-PI10-PI11	120	120	780	777.6	1400	SCS
PI10-PI11-PI12	120	100	550	540	900	SCS
PI11-PI12-PI13	120	120	780	777.6	1600	SCS
PI12-PI13-PI14	120	120	780	777.6	1600	SCS
PI13-PI14-PI15	120	120	780	777.6	1500	SCS
PI14-PI15-PI16	120	120	780	777.6	1000	SCS
PI15-PI16-PI17	120	120	780	777.6	1500	SCS
PI16-PI17-EP	120	120	780	777.6	1500	SCS

Sumber : Hasil Analisis, 2025

Tabel 3. Perencanaan Kecepatan dan Tikungan

Tikungan	P (m)	K (m)	Ts (m)	E (m)	Xs (m)	Ys (m)	Pelebaran
SP-PI1-PI2	0.54	45.76	143.58	7.85	91.49	2.15	Apabila R > 600 m maka sepur tidak mengalami pelebaran
PI2-PI3-PI4	0.25	42.84	453.43	68.54	85.67	1.02	
PI3-PI4-PI5	0.44	51.40	258.73	21.70	102.79	1.76	
PI4-PI5-PI6	0.35	39.66	438.53	99.78	79.31	1.40	
PI5-PI6-PI7	0.35	39.66	357.51	64.89	79.31	1.40	
PI6-PI7-PI8	0.51	54.11	332.11	40.33	108.19	2.05	
PI7-PI8-PI9	0.16	36.72	134.60	3.58	73.43	0.64	
PI8-PI9-PI10	0.16	36.72	188.47	8.36	73.43	0.64	
PI9-PI10-PI11	0.16	36.72	108.14	1.98	73.43	0.64	
PI10-PI11-PI12	0.20	33.05	168.39	10.32	66.10	0.81	
PI11-PI12-PI13	0.11	32.13	105.74	1.80	64.26	0.43	
PI12-PI13-PI14	0.11	32.13	169.56	6.00	64.26	0.43	
PI13-PI14-PI15	0.13	34.27	139.67	3.83	68.54	0.52	
PI14-PI15-PI16	0.44	51.40	116.97	2.59	102.79	1.76	
PI15-PI16-PI17	0.13	34.27	64.74	0.44	68.54	0.52	
PI16-PI17-EP	0.13	34.27	110.77	2.08	68.54	0.52	

Sumber : Hasil Analisis, 2025

Alinyemen Vertikal

Berdasarkan hasil Analisa perhitungan dan perencanaan lengkung vertikal dengan kecepatan rencana maksimal di 120 km/jam, didapatkan kesimpulan bahwa jari-jari lengkung vertikal yaitu sebesar 8000 m dengan jumlah lengkung 3 lengkung.

Tabel 4. Perhitungan Lengkung Vertikal

Titik	Jarak (m)	Elevasi (m)	g1	g2	ϕ	Jenis Lengkung	V rencana (km/jam)
PVI 1		10.60					
PVI 2	5830.49	13.25	0.045%	-0.103%	0.0015	Cembung	120
PVI 3	6190.34	7.25	-0.097%	0.000%	-0.0010	Cekung	120
PVI 4	3579.17	7.25	0.000%	-0.056%	0.0006	Cembung	120
PVI 5	5883.26	5.25	-0.034%	-0.089%	0.0006	Cembung	120

Sumber : Hasil Analisis

Tabel 5. Perhitungan Lengkung Vertikal

Titik	R (m)	Lv (m)	Xm (m)	Ym (m)	Elevasi PPV (m)	Elevasi PLV (m)	Elevasi PTV (m)
PVI 1							
PVI 2	8000	11.867	5.934	0.0000032644	13.25	13.24997	13.24994
PVI 3	8000	7.754	3.877	0.0000009105	7.25	7.25012	7.25009
PVI 4	8000	4.470	2.235	0.0000001745	7.25	7.25003	7.25002
PVI 5	8000	4.419	2.210	0.0000001686	5.25	5.25003	5.25001

Sumber : Hasil Analisis

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan pada perencanaan jalur ganda kereta api ruas Bangil–Sidoarjo sepanjang 21,483 km, diperoleh beberapa kesimpulan:

1. Trase jalur rel baru yang paling efektif direncanakan sejajar dengan jalur eksisting, dimana jalur baru dari

stasiun Bangil – stasiun Porong akan diletakkan di sisi kiri jalur lama sedangkan jalur baru dari stasiun Porong – stasiun Sidoarjo diletakkan di sisi kanan jalur lama.

2. Alinyemen horizontal dengan kecepatan maksimum 120 km/jam, terdapat 17 tikungan yang terdiri dari dua

tipe lengkung. Lengkung tipe SCS (Spiral-Circle-Spiral) sebanyak 16 tikungan dan tipe FC (Full Circle) sebanyak 1 tikungan.

3. Alinyemen vertikal, diperoleh tiga lengkung vertikal dengan radius 8000 m yang dirancang untuk kecepatan maksimal 120 km/jam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. H. T. Utomo, *JALAN REL*. Sleman, Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta, 2013.
- [2] Y. Ismoyo, "Perencanaan Jalur Ganda Kereta Api Lintas Bangil-Malang," *J. Apl. Tek. Sipil*, 2016.
- [3] M. Faishol Fawwaz, D. Ratnaningsih, and M. F. Subkhan, "Perencanaan Geometrik Jalur Kereta Api Logistik di Kawasan Industri Kabupaten Gresik," *Jos Mrk*, vol. 4, no. 2, pp. 80–85, 2023, [Online]. Available: <http://jos-mrk.polinema.ac.id/>
- [4] J. J. T. Dasion and N. Utomo, "Perencanaan Jalur Ganda (Double Track) Lintasan Kereta Api pada Emplasemen Stasiun Wonokromo – Stasiun Sidoarjo (KM 7+881 – KM 25+510)," *KERN J. Ilm. Tek. Sipil*, vol. 6, no. 2, pp. 109–118, 2020, doi: 10.33005/kern.v6i2.41.
- [5] Menteri Perhubungan Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api," *Kementrian Perhub. Republik Indones.*, pp. 1–57, 2012, [Online]. Available: https://peraturan.bpk.go.id/Download/138947/pm_n_o.60_tahun_2012.pdf
- [6] Peraturan Pemerintah. (2021). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 33 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Bidang Perkeretaapian. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia*, 086085, 1–110.
- [7] Republik Indonesia, M. P. (2014). 2014Pmkemenhub078. In *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 78*.
- [8] Adi, C. P., Sukmajati, E. I., Hardiyati, S., & Prabandiyani, S. R. W. (2013). Perencanaan jalur ganda (double track) jalan rel ruas Semarang-Gubug. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 2(3), 74–92. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkts/article/view/3964>
- [9] Bamaska, B., Berlianando, D., & Arifin, S. (2018). PERENCANAAN PENINGKATAN RUAS JALAN PADA JALAN LINGKAR TIMUR KABUPATEN SIDOARJO, JAWA TIMUR DENGAN MENGGUNAKAN PERKERASAN KAKU PADA STA 4+650 S.D 7+650.
- [10] Putro, F. N., & Chomaedhi. (2014). Perencanaan Ulang Jalan Kereta Api Jalur Rel Ganda di Bojonegoro Surabaya KM 159,600 M Sampai dengan KM 161,000 M. *Fakultas Teknik SIPIL Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*, 191.