
BAB V

KRITERIA DASAR PERENCANAAN

Perencanaan sepur kembar/ganda antara stasiun Solo Balapan – Yogyakarta, didasarkan atas pertimbangan dan pemilihan alternatif dari beberapa kriteria perencanaan. Penetapan kriteria perencanaan ini nantinya sebagai dasar bagi perhitungan konstruksi jalan rel yang menentukan keamanan, kenyamanan dan keserasian terhadap lingkungan dari operasinya kereta api.

5.1 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana kereta api, didasarkan dari Peraturan Konstruksi Jalan rel Indonesia 1986, yaitu sebesar 120 km/jam. Kecepatan tersebut adalah kecepatan maksimal yang diperbolehkan pada kelas jalan I

5.2 Tekanan Gandar

Sebagai dasar perencanaan, menurut Peraturan Konstruksi Jalan Rel Indonesia 1986, tekanan gandar maksimum diambil sebesar 18 ton.

5.3 Beban Lintas

Data :

$$T_p = 24.604,55$$

$$K_b = 1,50$$

$$T_b = 5.622,32$$

$$K_1 = 1,40$$

$$S = 1,10$$

Tonase ekivalen menggunakan rumus (2.4) yaitu :

$$\begin{aligned} TE &= T_p + (K_b \cdot T_b) + (K_1 \cdot T_1) \\ &= 24604,55 + (1,50 \cdot 5622,32) + (1,40 \cdot 7160) \\ &= 43062,02 \text{ ton/hr} \end{aligned}$$

Beban lintas menggunakan rumus (2.3) yaitu :

$$\begin{aligned} T &= 360 \cdot S \cdot T_E \\ &= 360 \cdot 1,10 \cdot 43062,02 \\ &= 17,053 \text{ juta ton/thn} \end{aligned}$$

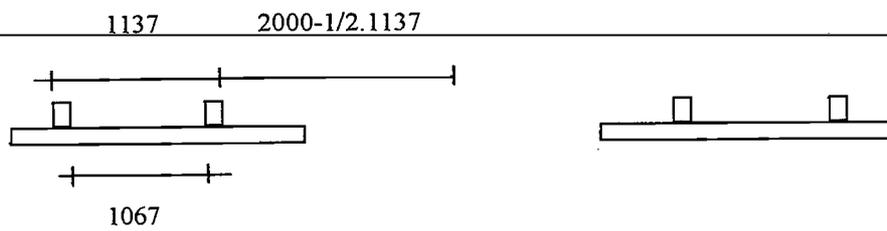
Berdasarkan tabel 2.2 maka dapat diketahui bahwa beban lintas yang ada adalah beban lintas untuk kelas jalan II. Untuk jalur ganda Tugu Yogyakarta – Solo Balapan direncanakan untuk kelas I, dikarenakan untuk mengantisipasi peningkatan beban lintas di masa yang akan datang.

5.4 Perlintasan

Jumlah perlintasan sebidang pada jalur Tugu Yogyakarta – Solo Balapan adalah sebanyak 82 buah. Satu perlintasan dibuat oleh instansi TNI AU yang terletak di daerah Maguwoharjo, Yogyakarta.

Data :

$$\begin{aligned} V_v &= 80 \text{ km/jam} = 49,72 \text{ mil/jam} \\ V_T &= 120 \text{ km/jam} = 74,58 \text{ mil/jam} \\ f &= 0,3 \quad \quad \quad de = 10 \text{ feet} \\ D &= 15 \text{ feet} \end{aligned}$$



Gambar 5.1 jarak dua rel (W) pada jalur ganda

$$\begin{aligned}
 W &= 1137 + (2000 - \frac{1}{2} 1137) \\
 &= 2568 \cdot 2 = 5137 \text{ mm} \\
 &= 16,85 \text{ feet} = 17 \text{ feet}
 \end{aligned}$$

Perhitungan :

Jarak pandangan menggunakan rumus (3.6) dan rumus (3.7) yaitu :

$$\begin{aligned}
 d_H &= 1,1 \cdot (1,4667 \cdot v_v \cdot t + \frac{v_v^2}{30 \cdot f} + D + de) \\
 &= 1,1 \cdot (1,4667 \cdot 49,72 \cdot 2,5 + \frac{49,72^2}{30 \cdot 0,3} + 15 + 10)
 \end{aligned}$$

$$= 530,185 \text{ feet} = 161,6 \text{ m}$$

$$d_T = \frac{v_t}{v_v} \cdot (1,667 \cdot v_v \cdot t + \frac{v_v^2}{30 \cdot f} + 2D + L + W)$$

$$= \frac{74,58}{49,72} \cdot (1,667 \cdot 49,72 \cdot 2,5 + \frac{49,72^2}{30 \cdot 0,3} + 2 \cdot 15 + 65 + 17)$$

$$= 890,825 \text{ feet} = 271,52 \text{ m}$$

5.5 Daya Tarik Lokomotif

Daya tarik lokomotif ini sangat berpengaruh, salah satunya terhadap rangkaian kereta api dalam memenuhi ketepatan jadwal keberangkatan ataupun kedatangan. Lokomotif yang digunakan harus dapat menarik gerbong pada daerah lurus maupun pada landai maksimum. Kombinasi beban yang digunakan adalah beban maksimum kereta secara keseluruhan

Data :

1. Lokomotif

Type CC-201

Berat siap = 84 ton

Tekanan gandar = 13,4 ton

Gandar = 6 buah

Daya tarik = 1.950 ton (lihat tabel 2.2)

2. Gerbong/kereta

Berat siap = 41 ton

Gandar = 4 buah

3. Geometri

Jari-jari = 1.000 m (adalah R dimana Voperasi masih diijinkan)

Landai = 10 ‰ (landai maksimal)

a. Tenaga tarik mesin, menggunakan rumus (3.13) yaitu :

$$Tr = \frac{\delta \cdot 270 \cdot N}{V}$$

$$= \frac{0,8 \cdot 270 \cdot 1950}{120} = 3150 \text{ kg}$$

b. Perlawanan lokomotif itu sendiri, menggunakan rumus (3.14) yaitu :

$$\begin{aligned}
 W_1 &= C_1 \cdot C_2 \cdot G_1 + C_3 \cdot F \cdot \left(\frac{V}{10}\right)^2 \\
 &= 1,2 \cdot 65 \cdot 84 + 0,54 \cdot 10 \cdot \left(\frac{120}{10}\right)^2 \\
 &= 1000,2 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

c. Perlawanan akibat lengkung (WL), menggunakan rumus (3.16) dan rumus (3.17) yaitu :

$$\begin{aligned}
 W_l &= Gr \cdot W_{spec} \text{ (kg)} \\
 W_{spec} &= \frac{450}{R-50} = \frac{450}{R-50} \\
 &= 0,4736 \text{ kg/ton} \\
 W_l &= 84 \times 0,4736 \\
 &= 39,78 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

d. Perlawanan akibat tanjakan, menggunakan rumus (3.18) yaitu :

$$\begin{aligned}
 W_i &= G \cdot i \\
 &= 84 \times 10 \text{ ‰} \\
 &= 84000 \cdot 0,01 = 840 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

e. Perlawanan total, menggunakan rumus (3.19) yaitu :

$$\begin{aligned}
 W_{tot} &= W_1 + W_l + W_i \\
 &= 1000,2 + 39,78 + 840 \\
 &= 1123,98 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

f. Kapasitas tarik lokomotif, menggunakan rumus (3.20) yaitu :

$$\begin{aligned} T_k &= T_r - W_{tot} \\ &= 3150 - 1123,98 \\ &= 2206,02 \text{ kg} \end{aligned}$$

g. Jumlah kereta/gerbong yang bisa ditarik

Hj = perlawanan jalan (kg/ton)

$$= 2,4 + \frac{V^2}{1300} \dots\dots\dots(5.1)$$

G = berat maksimal yang boleh dioperasikan (ton)

$$= \frac{\mu + Ga}{Hj + Sm} \dots\dots\dots(5.2)$$

Ga = berat total lokomotif

Sm = landai maksimal

μ = konstanta, diambil 0,15

Perhitungan :

$$Ga = 6 \times 13,4 = 80,4 \text{ ton}$$

$$Hj = 2,4 + \frac{120^2}{1.300} = 13,47 \text{ dibulatkan} = 13,5 \text{ kg/ton}$$

$$G = \frac{0,15 \cdot 80400}{13,5 + 10} = 513,19 \text{ ton}$$

$$N = \frac{G - Ga}{G(w - siap) \text{ kereta}} \dots\dots\dots(5.3)$$

$$= \frac{513,19 - 80,4}{41} = 10,55 \text{ kereta}$$

$$= 10 \text{ kereta}$$

5.6 Analisis Keadaan Topografi

Keadaan topografi daerah berguna untuk menentukan alinemen horisontal dan alinemen vertikal. Selain dari itu juga mempengaruhi penempatan saluran drainasi, badan jalan dan konstruksi jalan rel serta sinyal-sinyal dan perlintasan.

5.6.1 Alinemen Horisontal

Trase antara Stasiun Solo Balapan sampai dengan Stasiun Tugu Yogyakarta, menurut peta tanah dari P.T KAI melalui lintasan dengan jumlah lengkung horisontal cukup banyak, akan tetapi jari-jari lengkung horisontal relatif besar, sehingga berpengaruh terhadap pelepasan gaya keluar rel relatif kecil.

Tikungan tersebut adalah seperti tercantum dalam tabel 5.1 berikut ini :

Tabel 5.1 Stasioning Alinemen Horisontal

No	Awal (Km)	Akhir (Km)	R	Kanan / kiri	IA
Stasiun Solo Balapan Balapan (107+914)					
1	109+098,80	109+143,80	2500	Kiri	0°34'23"
Stasiun Purwosari (110+750)					
2	111+593,95	111+662,20	1780	Kiri	1°58'15"
3	112+666,30	113+006,20	690	Kiri	2°54'35"
4	117+076,90	117+174,45	-	Kanan	-
Stasiun Gawok (117+410)					
5	121+106,50	121+446,35	340	Kiri	18°53'45"
6	122+573,68	122+648,15	2300	Kiri	1°52'14"
7	122+871,00	122+935,40	-	Kanan	-
Stasiun Delanggu (123+050)					
8	123+077,23	123+173,50	-	Kanan	-
9	123+250,70	123+310,80	-	Kiri	-
10	123+428,40	123+569,10	764	Kiri	11°37'10"
11	123+674,30	123+719,20	2500	Kiri	2°3'45"
12	123+875,50	124+013,85	1028	Kanan	8°38'24"
13	128+308,20	128+358,30	2580	Kiri	1°17'0"
14	128+458,40	128+533,60	3320	Kanan	1°27'58"
15	128+658,70	128+883,50	847	Kanan	15°13'3"
16	129+019,80	129+085,10	900	Kanan	6°49'0"
Stasiun Ceper (129+247,95)					
17	129+412,90	129+522,00	5000	Kiri	1°40'0"
18	129+606,90	129+634,30	1500	Kiri	1°40'0"

19	132+783,90	132+868,90	1000	Kiri	17°4'37"
Stasiun Ketandan (134+740,14)					
20	135+167,90	135+400,40	900	Kanan	17°4'48"
21	135+576,60	135+933,50	750	Kiri	15°3'52"
22	136+461,20	136+699,40	1500	Kanan	9°16'0"
23	138+077,80	138+129,50	2000	Kiri	2°6'0"
24	138+214,40	138+248,50	2000	Kanan	1°6'0"
Stasiun Klaten (138+542,57)					
25	138+853,45	138+955,60	2000	Kanan	3°0'0"
26	139+024,50	139+084,50	1750	Kiri	2°50'0"
27	139+459,01	139+488,90	5000	Kanan	0°14'54"
Stasiun Srowot (145+295,50)					
28	149+057,50		600	Kanan	34°28'00"
Stasiun Prambanan (151+145)					
29	151+732,10	152+156,5	600	Kiri	39°59'43"
Stasiun Kalasan (155+658,10)					
30	157+208,10	157+734,40	1000	Kanan	29°9'30"
Stasiun Maguwo (159+727)					
Stasiun Lempuyangan (165+725,25)					
31	166+269,80	166+404,80	500	Kanan	15°0'41"
32	166+664,80	166+702,50	600	Kanan	5°26'27"
Stasiun Tugu Tugu Yogyakarta (167+195,45)					

Sumber : Data PT. KAI Yogyakarta

5.6.2 Alinemen Vertikal

Karena keadaan tanah yang relatif datar, maka alinemen vertikal juga kecil. Keadaan lereng vertikal trase jalan rel antara stasiun Solo Balapan sampai dengan stasiun Tugu Yogyakarta adalah datar dengan kenaikan lereng sangat kecil. Karena prosentase kenaikan yang sangat kecil ini maka tidak ada gaya yang menyebabkan kereta melayang atau terjadi hentakan akibat kecepatan kereta. Landai penentu yang terbesar adalah 10 ‰, jadi sebagai perencanaan kapasitas daya tarik lokomotif dipakai landai penentu 10 ‰. Sedangkan untuk jalan KA kelas I landai maksimum dibatasi samapi 10 ‰. Untuk mengadakan pengecekan keamanan maka dipakai landai maksimum yaitu 10 ‰.

5.6.3 Drainasi

Pada tubuh jalan rel sangat perlu dijaga dari air yang menggenangi tubuh jalan rel, terutama pada lapisan balas. Keadaan ini jika terjadi genangan air pada tubuh jalan rel akan membahayakan keamanan lintasan jalan KA. Drainasi dirasa sangat penting untuk menjaga kestabilan konstruksi jalan rel.

Secara dimensional, maka gorong-gorong yang ada sudah mampu menampung dua buah jalur KA. Pada lintas ini dahulunya telah berfungsi dua buah sepur. Dengan demikian secara teori maka untuk menampung jalur ganda, tidak diperlukan lagi pembangunan/memperpanjang gorong-gorong yang ada, kecuali karena alinemen jalur kedua maka posisinya tidak persis tepat di konstruksi gorong-gorong yang ada, yaitu jika jarak as ke as lebih dari 4,5 meter atau berada pada sisi yang berbeda. Namun dalam kenyataannya struktur gorong-gorong dan open channel telah banyak mengalami kerusakan, terutama pada bagian sayapnya.

5.7 Keadaan Tanah Dasar

Keadaan tanah dasar (sub-grade) berpengaruh terhadap perencanaan konstruksi tubuh jalan rel. Pemeriksaan sifat dan keadaan tanah berpengaruh terhadap penentuan tebal lapisan balas dan penentuan lereng tubuh jalan rel.

5.7.1 Bor Tangan dan Sampling

1. Pada umumnya lapisan tanah di sekitar Solo Balapan (KM 108+500 s/d KM 117+000) berupa lempung atau campuran antara lempung dengan sedikit pasir/kerikil.

2. Memasuki KM 117+500 s/d KM 137+000 tampak kadar lanau lebih dominan. Dan pada kedalaman sekitar satu meter ke bawah terdapat campuran pasir halus sampai kasar, bahkan juga terdapat kerikil.
3. KM 137+000 s/d KM 143+000 terdapat lapisan tipis pasir di permukaan, sedangkan dibawahnya berupa lempung padat bercampur dengan pasir.
4. Setelah KM 143+000. lapisan tanah praktis berupa pasir yang beberapa tempat bercampur dengan lanau atau sedikit lempung.

5.7.2 Cone Penetrometer Test / Sondir

1. Kedalaman tanah keras pada KM 108+500 s/d KM 114+000 adalah 4 meter sampai 5 meter.
2. Kedalaman tanah keras pada KM 114+000 s/d KM 120+000 adalah 5 meter sampai 6 meter.
3. Kedalaman tanah keras pada KM 120+000 s/d KM 132+000 adalah 2 meter sampai 4 meter.

Sampai dengan KM 132+000, lapisan tanah keras praktis sejajar dengan muka tanah, namun setelah itu sampai dengan KM 150+000, kedalaman tanah keras bervariasi dengan kedalaman minimal 2,5 meter dan maksimal 9 meter.

4. Kedalaman tanah keras pada KM 150+000 s/d KM 156+500 relatif dangkal, dengan kedalaman rata-rata 2,5 meter
5. Kedalaman tanah keras pada KM 156+500 s/d KM 167+000 bervariasi dari 3 meter sampai 5 meter.

5.8 Kedaan Hidrologi

Sebagai dasar perencanaan saluran drainasi untuk tubuh jalan KA, perlu dihitung intensitas hujan pada daerah sekitar jalur KA. Untuk trase antara stasiun Solo Balapan – stasiun Tugu Yogyakarta diambil tiga titik pengamatan stasiun curah hujan dengan periode ulang selama 10 tahun, yang berdasarkan pada data curah hujan harian tertinggi dalam 12 bulan. Perhitungan intensitas hujan dengan memakai metode Gumbell. Dari data curah hujan yang ada pada lampiran 5 Kecamatan Klaten Utara, lampiran 6 Kecamatan Prambanan dan lampiran 7 Kecamatan Delanggu, dapat dihitung intensitas hujan sebagai berikut :

Tabel 5.2 Data Curah Hujan harian Prambanan

Tahun	Hujan (mm/hari)	$X - x$	$(X - x)^2$
1990	98,75	-42,8457	1835,754008
1991	101,33	-40,2657	1621,326596
1992	152,1667	10,571	111,746041
1993	112,1667	-29,429	866,066041
1994	153,58	11,9843	143,6234465
1995	205,92	64,3243	4137,61557
1996	130,6667	-10,929	119,443041
1997	77,75	-63,8457	4076,273408
1998	204,21	62,6143	3920,550564
1999	179,4167	37,821	1430,428041
	1415,9568		18262,82676

Sumber : Meteorologi dan Geofisika Wilayah II Semarang

$$x = \frac{1415,9568}{10} = 141,59568$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(X - x)}{n - 1}} = \sqrt{\frac{18262,82676}{10 - 1}} = 45,0467$$

Direncanakan untuk tahun 2038 , T = 30 tahun

$$K = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \cdot (0,5772 \cdot \ln \left(\ln \frac{T}{T-1} \right)) \dots\dots\dots (5.4)$$

$$K = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \cdot (0,5772 \cdot \ln \left(\ln \frac{30}{29} \right)) = 1,5231$$

$$X_T = x + (K \cdot S_x) \dots\dots\dots (5.5)$$

$$= 141,49568 + (1,5231 \cdot 45,0467) = 210,1063 \text{ mm/hari}$$

Tabel 5.3 Data Curah Hujan Harian Delanggu

Tahun	Hujan (mm/hari)	(X - x)	(X - x) ²
1990	92,5	-62,9837	3966,946466
1991	143,92	-11,5637	133,7191577
1992	165,5	10,0163	100,3262657
1993	141,67	-13,8137	190,8183077
1994	181,5	26,0163	676,8478657
1995	183,33	27,8463	775,4164237
1996	152,417	-3,0667	9,40464889
1997	112,5	-42,9837	1847,598466
1998	200,5	45,0163	2026,467266
1999	181	25,5163	651,0815657
	1554,837		10378,62643

Sumber : Meteorologi dan Gesofisika Wilayah II Semarang

$$x = \frac{1554,837}{10} = 155,4837$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(X-x)}{n-1}} = \sqrt{\frac{10378,62643}{10-1}} = 33,9585$$

Direncanakan untuk tahun 2038 , T = 30 tahun

Menggunakan rumus (5.4) dan rumus (5.5) yaitu :

$$K = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \cdot (0,5772 \cdot \ln \left(\ln \frac{T}{T-1} \right))$$

$$K = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \cdot (0,5772 \cdot \ln \left(\ln \frac{30}{29} \right)) = 1,5231$$

$$X_T = x + (K \cdot S_x) = 155,4837 + (1,5231 \cdot 33,9585) = 207,206 \text{ mm/hari}$$

Tabel 5.4 Data Curah Hujan Harian Klaten Utara

Tahun	Hujan (mm/hari)	(X - x)	(X - x) ^2
1990	139,9167	15,30073	234,1123385
1991	147,25	22,63403	512,299314
1992	171,0833	46,46733	2159,212757
1993	153,33	28,71403	824,4955188
1994	116,75	-7,86597	61,87348404
1995	123,08	-1,53597	2.359203841
1996	80,6667	-43,94927	1931,538334
1997	63,833	-60,78297	3694,569442
1998	120	-4,61597	21,30717904
1999	130,25	5,63403	31,74229404
	1246,1597		9473,509865

Sumber : Meteorologi dan Gesofisika Wilayah II Semarang

$$x = \frac{1246,1597}{10} = 124,1597$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(X-x)}{n-1}} = \sqrt{\frac{9473,509865}{10-1}} = 32,443986$$

Direncanakan untuk tahun 2038 , T = 30 tahun

Menggunakan rumus (5.4) dan rumus (5.5) yaitu :

$$K = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \cdot (0,5772 \cdot \ln(\ln \frac{T}{T-1}))$$

$$K = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \cdot (0,5772 \cdot \ln(\ln \frac{30}{29})) = 1,5231$$

$$X_T = x + (K \cdot S_x) = 124,1597 + (1,5231 \cdot 32,443986) = 173,575 \text{ mm/hari}$$

Jadi intensitas hujan yang dipakai sebagai dasar penentuan drainasi adalah :

$$X_{T1} = 210,1063 \text{ mm/hari}$$

$$X_{T2} = 207,206 \text{ mm/hari}$$

$$X_{T3} = 173,575 \text{ mm/hari}$$

Menghitung besarnya intensitas hujan (I) dalam mm/jam ditentukan

dengan metode Gumbell,

1. Intensitas curah hujan yang terjadi pada lokasi Prambanan

- waktu konsentrasi hujan (T) = 8 jam

$$I = \frac{210,1063}{24} \left(\frac{24}{8} \right)^{2,3} = 18,2099 \text{ mm / jam}$$

2. Intensitas curah hujan yang terjadi pada lokasi Delanggu

- waktu konsentrasi hujan (T) = 8 jam

$$I = \frac{207,206}{24} \left(\frac{24}{8} \right)^{2,3} = 17,9586 \text{ mm / jam}$$

3. Intensitas curah hujan yang terjadi pada lokasi Klaten Utara

- Waktu curah hujan (T) = 8 jam

$$I = \frac{173,575}{24} \left(\frac{24}{8} \right)^{2,3} = 15,0438 \text{ mm / jam}$$

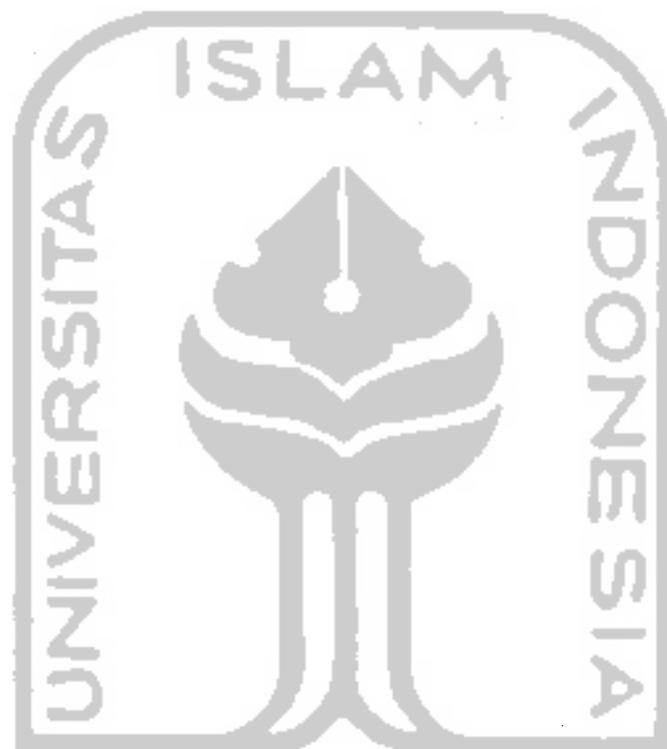
Jadi sebagai dasar intensitas curah hujan yang dipakai sebagai dasar perencanaan saluran drainasi adalah seperti pada hasil perhitungan diatas.

5.9 Temperatur Daerah

Keadaan temperatur daerah sekitar lokasi jalan rel relatif rendah, dengan perbedaan suhu udara maksimum (t_{maks}) dan suhu minimum (t_{min}) tidak terlalu besar. Keadaan ini akan sangat menguntungkan bagi perencanaan panjang rel yang dapat dipakai pada jalan KA.

Untuk menganalisa suhu rata-rata maksimum dan suhu rata-rata minimum diambil dari data pencatatan suhu rata-rata bulanan antara tahun 1990 s/d 2000.

Besar $T_{maks} = 27,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ dan besarnya $t_{min} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Data selengkapnya pencatatan suhu udara dapat dilihat pada lampiran 8 dan lampiran 9



جامعة الإسلام في إندونيسيا