

BAB V

ANALISIS DATA DAN PEMECAHAN MASALAH

A. Analisis Data

Dengan data teknis yang telah didapat, maka akan dilakukan analisis mengenai daya tarik lokomotif BB 203 sebelum dan setelah *repowering*.

1. Analisis daya tarik di lintas datar

a. Terhadap kereta api Siantar Ekspres ($V_{op} = 90\text{km/jam}$)

1) Sebelum *repowering* lokomotif

(a) Daya tarik

$$Z = \frac{270 \times N}{V} \eta$$

$$Z = \frac{270 \times 1500}{90} \times 0,82$$

$$Z = 3.690 \text{ kgf}$$

(b) Hambatan lokomotif

$$w_L = P + Q \frac{F}{G_L} \left(\frac{v}{10}\right)^2$$

$$w_L = 2,65 + 0,54 \frac{10}{81} \left(\frac{90}{10}\right)^2$$

$$w_L = 8,05 \text{ kg/ton}$$

Maka,

$$W_L = G_L \times w_L$$

$$W_L = 81 \times 8,05$$

$$W_L = 652,05 \text{ kg}$$

(c) Beban tarik lokomotif

Jika $i = 5\text{‰}$

$$G_W = \frac{Z - W_L - (i \cdot G_L)}{w_w + i}$$

$$G_W = \frac{9594 - 652,05 - (5 \times 81)}{4,53 + 5}$$

$$G_W = 276,43 \text{ ton}$$

Maka, jumlah rangkaian yang dapat ditarik

$$n = \frac{276,43}{39} = 7,09 \text{ dibulatkan menjadi 7 kereta.}$$

Tabel V. 1 Lokomotif BB 203 di 5 permil

Lokomotif	n	v	η	Z	i
BB 203	1500	90	0,82	3690,00	5
	P	Q	F	GL	wL
	2,65	0,54	10	81	8,05
	WL	Ww	Gw	Berat Kereta/Gb (Ton)	
	652,05	4,53	276,43	39	
	Jumlah kereta yang dapat ditarik			7,09	

Sumber: Hasil analisis, 2023

Jika $i = 10\text{‰}$

$$G_W = \frac{Z - W_L - (i \cdot GL)}{w_w + i}$$

$$G_W = \frac{9594 - 652,05 - (10 \times 81)}{4,53 + 10}$$

$$G_W = 153,39 \text{ ton}$$

Maka, jumlah kereta yang dapat ditarik

$$n = \frac{153,39}{39} = 3,93 \text{ dibulatkan menjadi 3 kereta}$$

Tabel V. 2 Lokomotif BB 203 di 10 permil

Lokomotif	n	v	η	Z	i
BB 203	1500	90	0,82	3690,00	10
	P	Q	F	GL	wL
	2,65	0,54	10	81	8,05
	WL	Ww	Gw	Berat Kereta/Gb (Ton)	
	652,05	4,53	153,39	39	
	Jumlah kereta yang dapat ditarik			3,93	

Sumber: Hasil analisis, 2023

2) Setelah *repowering* lokomotif

(a) Daya tarik

$$Z = \frac{270 \times N}{v} \eta$$

$$Z = \frac{270 \times 1950}{90} \times 0,82$$

$$Z = 4797 \text{ kgf}$$

(b) Hambatan lokomotif

$$w_L = P + Q \frac{F}{G_L} \left(\frac{v}{10} \right)^2$$

$$w_L = 2,86 + 0,69 \frac{10}{84} \left(\frac{90}{10} \right)^2$$

$$w_L = 9,51 \text{ kg/ton}$$

Maka,

$$W_L = G_L \times w_L$$

$$W_L = 84 \times 9,51$$

$$W_L = 799,14 \text{ kg}$$

(c) Beban tarik lokomotif

Jika $i = 5\text{‰}$

$$G_W = \frac{Z - W_L - (i \cdot G_L)}{w_w + i}$$

$$G_W = \frac{4797 - 799,14 - (5 \times 84)}{4,525 + 5}$$

$$G_W = 375,63 \text{ ton}$$

Maka, jumlah kereta yang dapat ditarik

$$n = \frac{375,63}{39} = 9,63 \text{ dibulatkan menjadi 9 kereta}$$

Tabel V. 3 Lokomotif CC 201 R di 5 permil

Lokomotif	n	v	η	Z	i
CC 201 R	1950	90	0,82	4797,00	5
	P	Q	F	G _L	w _L
	2,85	0,69	10	84	9,50
	W _L	W _w	G _w	Berat Kereta/Gb (Ton)	
	798,30	4,53	375,72	39	
	Jumlah kereta yang dapat ditarik			9,63	

Sumber: Hasil analisis, 2023

Jika $i = 10\text{‰}$

$$G_W = \frac{Z - W_L - (i \cdot G_L)}{w_w + i}$$

$$G_W = \frac{4797 - 799,14 - (10 \times 84)}{4,525 + 10}$$

$$G_W = 217,47 \text{ ton}$$

Maka, jumlah kereta yang dapat ditarik

$$n = \frac{217,47}{39} = 5,58 \text{ dibulatkan menjadi 5 kereta}$$

Tabel V. 4 Lokomotif CC 201 R di 10 Permil

Lokomotif	n	v	η	Z	i
CC 201 R	1950	90	0,82	4797,00	10
	P	Q	F	GL	wL
	2,85	0,69	10	84	9,50
	WL	Ww	Gw	Berat Kereta/Gb (Ton)	
	798,30	4,53	217,47	39	
	Jumlah kereta yang dapat ditarik			5,58	

Sumber: Hasil analisis, 2023

b. Terhadap kereta api barang ketel ($V_{op} = 60\text{km/jam}$)

1) Sebelum *repowering* lokomotif

(a) Daya tarik

$$Z = \frac{270 \times N}{v} \eta$$

$$Z = \frac{270 \times 1500}{60} \times 0,82$$

$$Z = 5,535 \text{ kgf}$$

(b) Hambatan lokomotif

$$w_L = P + Q \frac{F}{G_L} \left(\frac{v}{10}\right)^2$$

$$w_L = 2,65 + 0,54 \frac{10}{81} \left(\frac{60}{10}\right)^2$$

$$w_L = 5,05 \text{ kg/ton}$$

Maka,

$$W_L = G_L \times w_L$$

$$W_L = 81 \times 5,05$$

$$W_L = 409,16 \text{ kg}$$

(c) Beban tarik lokomotif

Jika $i = 5\text{‰}$

$$G_W = \frac{Z - W_L - (i \cdot G_L)}{w_w + i}$$

$$G_W = \frac{5535 - 409,05 - (5 \times 81)}{3,4 + 5}$$

$$G_W = 562,02 \text{ ton}$$

Maka, Jumlah gerbong yang dapat ditarik

$$n = \frac{562,02}{47,5}$$

$n = 11,83$ dibulatkan menjadi 11 gerbong

Tabel V. 5 Lokomotif BB 203 di 5 permil

Lokomotif	n	v	η	Z	i
BB 203	1500	60	0,82	5535,00	5
	P	Q	F	GL	wL
	2,65	0,54	10	81	5,05
	WL	Ww	Gw	Berat Kereta/Gb (Ton)	
	409,05	3,40	562,02	47,5	
	Jumlah gerbong yang dapat ditarik			11,83	

Sumber: Hasil analisis, 2023

Jika $i = 10\%$

$$G_W = \frac{Z - W_L - (i \cdot GL)}{w_w + i} = \frac{5535 - 409,05 - (10 \times 81)}{3,4 + 10}$$

$$G_W = 322,09 \text{ ton}$$

Maka, Jumlah gerbong yang dapat ditarik

$$n = \frac{322,09}{47,5} = 6,78 \text{ dibulatkan menjadi 6 gerbong}$$

Tabel V. 6 Lokomotif BB 203 di 10 permil

Lokomotif	n	v	η	Z	i
BB 203	1500	60	0,82	5535,00	10
	P	Q	F	GL	wL
	2,65	0,54	10	81	5,05
	WL	Ww	Gw	Berat Kereta/Gb (Ton)	
	409,05	3,40	322,09	47,5	
	Jumlah gerbong yang dapat ditarik			6,78	

Sumber: Hasil analisis, 2023

2) Setelah *repowering* lokomotif

(a) Daya tarik

$$Z = \frac{270 \times N}{V} \eta$$

$$Z = \frac{270 \times 1950}{60} \times 0,82$$

$$Z = 7195,5 \text{ kgf}$$

(b) Hambatan lokomotif

$$w_L = P + Q \frac{F}{G_L} \left(\frac{v}{10} \right)^2$$

$$w_L = 2,65 + 0,54 \frac{10}{84} \left(\frac{60}{10} \right)^2$$

$$w_L = 5,82 \text{ kg/ton}$$

Maka,

$$W_L = G_L \times w_L$$

$$W_L = 84 \times 5,82$$

$$W_L = 488,64 \text{ kg}$$

(c) Beban tarik lokomotif

Jika $i = 5\text{‰}$

$$G_W = \frac{Z - W_L - (i \cdot G_L)}{w_w + i} = \frac{7195,5 - 488,64 - (5 \times 84)}{3,4 + 5}$$

$$G_W = 784,44 \text{ ton}$$

Maka, jumlah gerbong yang dapat ditarik

$$n = \frac{748,44}{47,5}$$

$n = 15,76$ dibulatkan menjadi 15 gerbong.

Tabel V. 7 Lokomotif CC 201 R di 5 permil

Lokomotif	n	v	η	Z	i
CC 201 R	1950	60	0,82	7195,50	5
	P	Q	F	G _L	w _L
	2,86	0,69	10	84	5,82
	W _L	W _w	G _w	Berat Kereta/Gb (Ton)	
	488,64	3,40	748,44	47,5	
	Jumlah gerbong yang dapat ditarik			15,76	

Sumber: Hasil analisis, 2023

Jika $i = 10\text{‰}$

$$G_W = \frac{Z - W_L - (i \cdot GL)}{w_w + i}$$

$$G_W = \frac{7195,5 - 488,64 - (10 \times 84)}{3,4 + 10}$$

$$G_W = 437,83 \text{ ton}$$

Maka, jumlah gerbong yang dapat ditarik

$$n = \frac{437,83}{47,5}$$

$n = 9,22$ dibulatkan menjadi 9 gerbong.

Tabel V. 8 Lokomotif CC 201 R di 10 permil

Lokomotif	n	v	η	Z	i
CC 201 R	1950	60	0,82	7195,50	10
	P	Q	F	GL	wL
	2,86	0,69	10	84	5,82
	WL	Ww	Gw	Berat Kereta/Gb (Ton)	
	488,64	3,40	437,83	47,5	
	Jumlah gerbong yang dapat ditarik			9,22	

Sumber: Hasil analisis, 2023

2. Analisis daya tarik di lintas pegunungan

a. Terhadap kereta api Siantar Ekspres ($V_{op} = 90 \text{ km/jam}$)

1) Sebelum *repowering* lokomotif

(a) Daya tarik

$$Z = \frac{270 \times N}{V} \eta$$

$$Z = \frac{270 \times 1500}{90} \times 0,82$$

$$Z = 3.690 \text{ kgf}$$

(b) Hambatan lokomotif

$$w_L = P + Q \frac{F}{G_L} \left(\frac{v}{10}\right)^2$$

$$w_L = 2,65 + 0,54 \frac{10}{81} \left(\frac{90}{10}\right)^2$$

$$w_L = 8,05 \text{ kg/ton}$$

Maka,

$$W_L = G_L \times w_L$$

$$W_L = 81 \times 8,05$$

$$W_L = 652,05 \text{ kg}$$

(c) Hambatan kereta atau gerbong

$$w_w = 2,5 + \frac{v^2}{4000}$$

$$w_w = 2,5 + \frac{90^2}{4000}$$

$$w_w = 4,53 \text{ kg/ton}$$

(d) Beban tarik lokomotif

$$\text{Jika } i = 15\text{‰}$$

$$G_W = \frac{Z - W_L - (i \cdot GL)}{w_w + i}$$

$$G_W = \frac{9594 - 652,05 - (15 \times 81)}{4,53 + 15}$$

$$G_W = 93,36 \text{ ton}$$

Maka, jumlah kereta yang dapat ditarik

$$n = \frac{93,36}{39} = 2,39 \text{ dibulatkan menjadi 2 kereta}$$

Tabel V. 9 Lokomotif BB 203 di 15 permil

Lokomotif	n	v	η	Z	i
BB 203	1500	90	0,82	3690,00	15
	P	Q	F	GL	wL
	2,65	0,54	10	81	8,05
	W _L	W _w	G _w	Berat Kereta/Gb (Ton)	
	652,05	4,53	93,36	39	
	Jumlah kereta yang dapat ditarik			2,39	

Sumber: Hasil analisis, 2023

$$\text{Jika } i = 20\text{‰}$$

$$G_W = \frac{Z - W_L - (i \cdot GL)}{w_w + i}$$

$$G_W = \frac{9594 - 652,05 - (20 \times 81)}{4,53 + 20}$$

$$G_W = 57,82 \text{ ton}$$

Maka, jumlah kereta yang dapat ditarik

$$n = \frac{57,82}{39} = 1,48 \text{ dibulatkan menjadi 1 kereta}$$

Tabel V. 10 Lokomotif BB 203 di 20 permil

Lokomotif	n	v	η	Z	i
BB 203	1500	90	0,82	3690,00	20
	P	Q	F	G _L	w _L
	2,65	0,54	10	81	8,05
	W _L	W _w	G _w	Berat Kereta/Gb (Ton)	
	652,05	4,53	57,82	39	
	Jumlah kereta yang dapat ditarik			1,48	

Sumber: Hasil analisis, 2023

Berdasarkan perhitungan tersebut, lokomotif BB 230 sebelum repowering hanya mampu menarik 1 kereta di tanjakan 20‰ dengan kecepatan 90km/jam.

2) Setelah *repowering* lokomotif

(a) Daya tarik

$$Z = \frac{270 \times N}{v} \eta$$

$$Z = \frac{270 \times 1950}{90} \times 0,82$$

$$Z = 4.797 \text{ kgf}$$

(b) Hambatan lokomotif

$$w_L = P + Q \frac{F}{G_L} \left(\frac{v}{10}\right)^2$$

$$w_L = 2,86 + 0,69 \frac{10}{84} \left(\frac{90}{10}\right)^2$$

$$w_L = 9,51 \text{ kg/ton}$$

Maka,

$$W_L = G_L \times w_L$$

$$W_L = 84 \times 9,51$$

$$W_L = 799,14 \text{ kg}$$

(c) Beban tarik lokomotif

Jika $i = 15\text{‰}$

$$G_W = \frac{Z - W_L - (i \cdot G_L)}{w_w + i}$$

$$G_W = \frac{4797 - 799,14 - (15 \times 84)}{4,53 + 15}$$

$$G_W = 140,22 \text{ ton}$$

Maka, jumlah kereta yang dapat ditarik

$$n = \frac{140,22}{39}$$

$n = 3,6$ dibulatkan menjadi 3 kereta.

Tabel V. 11 Lokomotif CC 201 R di 15 permil

Lokomotif	n	v	η	Z	i
CC 201 R	1950	90	0,82	4797,00	15
	P	Q	F	GL	wL
	2,86	0,69	10	84	9,51
	WL	Ww	Gw	Berat Kereta/Gb (Ton)	
	799,14	4,53	140,22	39	
	Jumlah kereta yang dapat ditarik			3,60	

Sumber: Hasil analisis, 2023

Jika $i = 20\%$

$$G_W = \frac{Z - W_L - (i \cdot GL)}{w_w + i}$$

$$G_W = \frac{4797 - 799,14 - (20 \times 84)}{4,53 + 20}$$

$$G_W = 94,51 \text{ ton}$$

Maka, jumlah kereta yang dapat ditarik

$$n = \frac{95}{39}$$

$n = 2,43$ dibulatkan menjadi 2 kereta

Tabel V. 12 Lokomotif CC 201 R di 20 permil

Lokomotif	n	v	η	Z	i
CC 201 R	1950	90	0,82	4797,00	20
	P	Q	F	GL	wL
	2,86	0,69	10	84	9,51
	WL	Ww	Gw	Berat Kereta/Gb (Ton)	
	799,14	4,53	95	39	
	Jumlah kereta yang dapat ditarik			2,43	

Sumber: Hasil analisis, 2023

b. Terhadap kereta api barang ketel ($V_{op} = 60\text{km/jam}$)

1) Sebelum *repowering* lokomotif

(a) Daya tarik

$$Z = \frac{270 \times N}{v} \eta$$

$$Z = \frac{270 \times 1500}{60} \times 0,82$$

$$Z = 5,535 \text{ kgf}$$

(b) Hambatan lokomotif

$$w_L = P + Q \frac{F}{G_L} \left(\frac{v}{10}\right)^2$$

$$w_L = 2,65 + 0,54 \frac{10}{81} \left(\frac{60}{10}\right)^2$$

$$w_L = 5,05 \text{ kg/ton}$$

Maka,

$$W_L = G_L \times w_L$$

$$W_L = 81 \times 5,05$$

$$W_L = 409,16 \text{ kg}$$

(c) Beban tarik lokomotif

Jika $i = 15\text{‰}$

$$G_W = \frac{Z - W_L - (i \cdot G_L)}{w_w + i}$$

$$G_W = \frac{5535 - 409,05 - (15 \times 81)}{3,4 + 15}$$

$$G_W = 212,55 \text{ ton}$$

Maka, jumlah gerbong yang dapat ditarik

$$n = \frac{212,55}{47,5} = 4,47 \text{ dibulatkan menjadi 4 gerbong.}$$

Tabel V. 13 Lokomotif BB 203 di 15 permil

Lokomotif	n	v	η	Z	i
BB 203	1500	60	0,82	5535,00	15
	P	Q	F	G_L	w_L
	2,65	0,54	10	81	5,05
	W_L	W_w	G_w	Berat Kereta/Gb (Ton)	
	409,05	3,40	212,55	47,5	
	Jumlah gerbong yang dapat ditarik			4,47	

Sumber: Hasil analisis, 2023

Jika $i = 20\%$

$$G_W = \frac{Z - W_L - (i \cdot GL)}{w_w + i}$$

$$G_W = \frac{5535 - 409,05 - (20 \times 81)}{3,4 + 20}$$

$$G_W = 149,05 \text{ ton}$$

Maka, jumlah gerbong yang dapat ditarik

$$n = \frac{149,83}{47,5}$$

$n = 3,15$ dibulatkan menjadi 3 gerbong

Tabel V. 14 Lokomotif BB 203 di 20 permil

Lokomotif	n	v	η	Z	i
BB 203	1500	60	0,82	5535,00	20
	P	Q	F	GL	wL
	2,65	0,54	10	81	5,05
	WL	Ww	Gw	Berat Kereta/Gb (Ton)	
	409,05	3,40	149,83	47,5	
	Jumlah gerbong yang dapat ditarik			3,15	

Sumber: Hasil analisis, 2023

2) Setelah *repowering* lokomotif

(a) Daya tarik

$$Z = \frac{270 \times N}{v} \eta$$

$$Z = \frac{270 \times 1950}{60} \times 0,82$$

$$Z = 7.195 \text{ kgf}$$

(b) Hambatan lokomotif

$$w_L = P + Q \frac{F}{G_L} \left(\frac{v}{10}\right)^2$$

$$w_L = 2,65 + 0,69 \frac{10}{84} \left(\frac{60}{10}\right)^2$$

$$w_L = 5,82 \text{ kg/ton}$$

Maka,

$$W_L = G_L \times w_L$$

$$W_L = 84 \times 5,82$$

$$W_L = 488,64 \text{ kg}$$

(c) Beban tarik lokomotif

Misalkan $W_w = 3,4 \text{ kg/ton}$

Jika $i = 15\text{‰}$

$$G_W = \frac{Z - W_L - (i \cdot GL)}{w_w + i}$$

$$G_W = \frac{7195 - 488,64 - (15 \times 84)}{3,4 + 15}$$

$$G_W = 296,03 \text{ ton}$$

maka, jumlah gerbong yang dapat ditarik

$$n = \frac{296,03}{47,5} \quad n = 6,23 \text{ dibulatkan menjadi 6 gerbong.}$$

Tabel V. 15 Lokomotif CC 201 R di ` 15 permil

Lokomotif	n	v	η	Z	i
CC 201 R	1950	60	0,82	7195,50	15
	P	Q	F	GL	wL
	2,86	0,69	10	84	5,82
	WL	Ww	Gw	Berat Kereta/Gb (Ton)	
	488,64	3,40	296,03	47,5	
	Jumlah gerbong yang dapat ditarik			6,23	

Sumber: Hasil analisis, 2023

Jika $i = 20\text{‰}$

$$G_W = \frac{Z - W_L - (i \cdot GL)}{w_w + i}$$

$$G_W = \frac{7195 - 488,64 - (20 \times 84)}{3,4 + 20}$$

$$G_W = 214,82 \text{ ton}$$

maka, jumlah gerbong yang dapat ditarik

$$n = \frac{214,82}{47,5}$$

$n = 4,52$ dibulatkan menjadi 4 gerbong.

Tabel V. 16 Lokomotif CC 201 R di 20 permil

Lokomotif	n	v	η	Z	i
CC 201 R	1950	60	0,82	7195,50	20
	P	Q	F	GL	wL
	2,86	0,69	10	84	5,82
	WL	Ww	Gw	Berat Kereta/Gb (Ton)	
	488,64	3,40	214,82	47,5	
	Jumlah gerbong yang dapat ditarik			4,52	

Sumber: Hasil analisis, 2023

3. Perbandingan daya tarik lokomotif sebelum dan setelah repowering

Berikut merupakan tabel perbandingan dari lokomotif BB 203 sebelum dan setelah *repowering* dengan kecepatan yang sama di lereng penentu yang sama.

Tabel V. Perbandingan daya tarik

Lokomotif	GL (ton)	HP	Z (kgf)	V (km/jam)	i (‰)	Gw (ton)	n (kereta/gerbong)	Daya tarik
BB 203	81	1500	3690	90	5	276,43	7	100%
					10	153,39	3	
					15	93,36	2	
					20	57,82	1	
CC 201 R	84	1950	4797	90	5	375,72	9	143%
					10	217,47	5	
					15	140,22	3	
					20	95	2	

Sumber: Hasil analisis

Dapat dilihat dari tabel tersebut bahwa lokomotif BB 203 setelah *repowering* menjadi CC 201 R akan meningkatkan daya tarik sebesar 43%.

4. Analisis lengkung terhadap kecepatan KA

Di lintas Tebing Tinggi-Siantar ini KA Siantar Ekspres menggunakan kecepatan operasi 90 km/jam dan KA barang menggunakan kecepatan operasi 60 km/jam. Berikut merupakan perhitungan pengaruh lengkung

terhadap kecepatan KA dengan lengkung minimum radius 200m:

a) Radius lengkung R200

$$V_{\text{maks}} = 4,3 \sqrt{R}$$

$$V_{\text{maks}} = 4,3 \sqrt{200}$$

$$V_{\text{maks}} = 60 \text{ km/jam}$$

b) Radius lengkung R250

$$V_{\text{maks}} = 4,3 \sqrt{R}$$

$$V_{\text{maks}} = 4,3 \sqrt{250}$$

$$V_{\text{maks}} = 67 \text{ km/jam}$$

c) Radius lengkung R300

$$V_{\text{maks}} = 4,3 \sqrt{R}$$

$$V_{\text{maks}} = 4,3 \sqrt{300}$$

$$V_{\text{maks}} = 74 \text{ km/jam}$$

d) Radius lengkung R400

$$V_{\text{maks}} = 4,3 \sqrt{R}$$

$$V_{\text{maks}} = 4,3 \sqrt{400}$$

$$V_{\text{maks}} = 86 \text{ km/jam}$$

e) Radius lengkung R500

$$V_{\text{maks}} = 4,3 \sqrt{R}$$

$$V_{\text{maks}} = 4,3 \sqrt{500}$$

$$V_{\text{maks}} = 96 \text{ km/jam}$$

f) Radius lengkung R600

$$V_{\text{maks}} = 4,3 \sqrt{R}$$

$$V_{\text{maks}} = 4,3 \sqrt{600}$$

$$V_{\text{maks}} = 105 \text{ km/jam}$$

g) Radius lengkung R1000

$$V_{\text{maks}} = 4,3 \sqrt{R}$$

$$V_{\text{maks}} = 4,3 \sqrt{1000}$$

$$V_{\text{maks}} = 135 \text{ km/jam}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa lengkung mempengaruhi kecepatan KA.

Untuk KA Siantar Ekspres dengan kecepatan operasi 90 km/jam harus membatasi kecepatannya pada lengkung dengan radius 200-400m. Tetapi untuk KA barang tidak perlu membatasi kecepatannya pada lengkung, dikarenakan kecepatan operasi hanya 60 km/jam dan di lengkung radius 200m KA dapat berjalan dengan kecepatan tersebut.

B. Pemecahan Masalah

1. Ketika lokomotif BB 203 menarik KA Siantar ekspres dengan kecepatan operasi 90km/jam, lokomotif hanya mampu menarik 1 kereta pada tanjakan maksimum 20‰. Maka diperlukan taktis operasi yang dilakukan masinis dengan menurunkan kecepatan di 58km/jam, sehingga lokomotif dapat menarik 4 kereta.
2. BB 203 ketika menarik KA barang ketel dengan kecepatan operasi 60km/jam, lokomotif hanya mampu menarik 3 rangkaian gerbong pada tanjakan maksimum 20‰. Maka diperlukan taktis operasi yang dilakukan masinis dengan menurunkan kecepatan di 35km/jam, sehingga lokomotif dapat menarik 7 gerbong.
3. CC 201 R ketika menarik KA Siantar Ekspres dengan kecepatan operasi 90km/jam, lokomotif hanya mampu menarik 2 rangkaian kereta pada tanjakan maksimum 20‰. Maka diperlukan taktis operasi yang dilakukan masinis dengan menurunkan kecepatan di 72km/jam, sehingga lokomotif dapat menarik 4 kereta.
4. CC 201 R ketika menarik KA barang ketel dengan kecepatan operasi 60km/jam, lokomotif hanya mampu menarik 4 rangkaian gerbong pada tanjakan maksimum 20‰. Maka diperlukan taktis operasi yang dilakukan masinis dengan menurunkan kecepatan di 58km/jam, sehingga lokomotif dapat menarik 7 gerbong.