

BAB VI

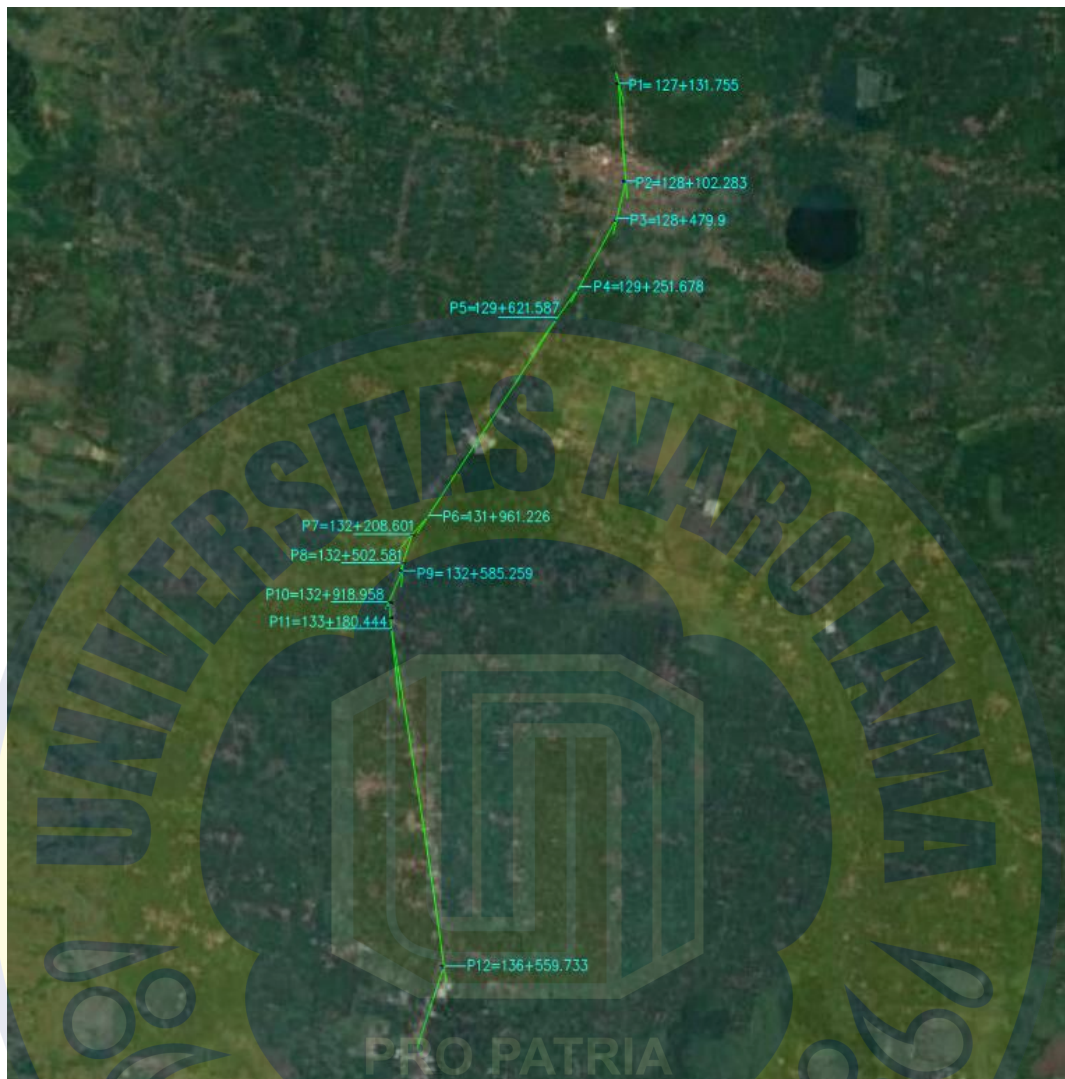
PEMBAHASAN

4.1 Dasar perencanaan jalan

Dasar perencanaan jalan meliputi perencanaan penampang melintang jalan dan penentuan pada karakteristik geometrik jalan yang mengacu pada peraturan jalan bina marga, dimana pada fungsi jalan arteri di desain dengan kecepatan rencana 60-80 km/jam sesuai dengan tabel 2.4, dengan kondisi jalan yang disesuaikan medan dilapangan yang berupa datar dan dominan perbukitan. Tipe jalan yang direncanakan menggunakan 2 lajur 2 arah tak terbagi dan lebar pada masing masing lajur adalah 3.5 m.

4.2 Perencanaan gometrik

Tahap awal untuk perencanaan geometrik jalan adalah menentukan trase jalan, dimana trase jalan mempertimbangkan kondisi lapangan pada area perencanaan jalan. Hal ini akan mempengaruhi desain jalan itu sendiri termasuk dalam perencanaan alinemen horizontal. Berikut merupakan gambar trase jalan pada ruas jalan yang direncanakan dapat dilihat pada gambar 4.1. Trase jalan.



Gambar 4. 1. Trase Jalan

Sesuai dengan data yang didapat pada ruas jalan tersebut berada pada medan datar dan dominan perbukitan dengan kecepatan 60-80 km/jam. Ruas jalan yang direncanakan dimulai dari STA 127+050 sampai STA 137+400 dengan panjang 10350,00 meter yang terdapat 12 tikungan dengan sudut tikungan yang bervariasi yang dapat dilihat pada tabel 4.1 Sudut tikungan trase jalan

Tabel 4. 1. Sudut Tikungan Trase Jalan

NO	Tikungan	STA	D			
			o	'	"	Desimal
1	P1	0+131.755	18	16	58	18.283
2	P2	1+102.283	10	27	1	10.45
3	P3	1+479.900	15	13	44	15.229
4	P4	2+251.678	6	57	19	6.955
5	P5	2+621.587	3	0	5	3.001
6	P6	4+961.226	8	7	23	8.123
7	P7	5+208.601	22	45	33	22.759
8	P8	5+502.581	14	32	13	14.537
9	P9	5+585.259	19	57	47	19.963
10	P10	5+918.385	29	49	21	29.823
11	P11	6+180.444	3	15	35	3.260
12	P12	9+559.733	26	20	22	26.339

(Sumber: hasil perhitungan, 2021)

4.2.1. Perencanaan alinemen horizontal

Pada perencanaan ini menggunakan peraturan yang mengacu pada Bina Marga dengan 3 tipe tikungan yaitu FC (*Full Circle*), SCS (*Spiral Circle Spiral*), dan SS (*Spiral Spiral*). Dengan data perencanaan jalan sebagai berikut:

- 1) Fungsi jalan : Arteri
- 2) Klasifikasi jalan : Datar, perbukitan, pegunungan
- 3) Lebar jalan (2/2UD) : 2 x 3.5 m
- 4) e_{normal} : 3% (penjelasan di bab 2, pada sub bab geometrik jalan hal. 25)
- 5) e_{max} : 10% (penjelasan di bab 2, pada sub bab geometrik jalan hal.16)
- 6) C (perubahan kecepatan) : 0.4 m/det (penjelasan di bab 2, sub bab geometrik jalan hal. 20)
- 7) Kecepatan rencana : sesuai dengan klasifikasi jalan (tabel 2.4.

kecepatan rencana VR, sesuai klasifikasi fungsi dan medan jalan).

Berikut merupakan perhitungan tikungan pada P1 dimana medan jalan termasuk jalan perbukitan dengan kemiringan medan jalan 3-25% dan diambil kecepatan V_r 70 km/ jam (tabel 2.4 dan tabel 2.5).

perhitungan tikungan P1

Data :

Fungsi Jalan : Arteri
 Medan : Bukit
 e_{max} : 10% = 0.10
 e_{normal} : 3 % = 0.03
 c (perubahan kec.) : 0.3~ 1 = 0.4 meter/detik
 D (lebar jalan) = 3.50

Diketahui :

- Kecepatan Rencana = 80 Km/jam

Penyelesaian :

a. Koefisien Gesek

$V_R = 80 \text{ Km/jam} < 80 \text{ Km/jam}$

Maka $(f) = -0.00065 \cdot V_R + 0.192$

$(f) = 0.140 \leq \text{Max } 0,16$

b. Mencari R :

$$R_{min} = \frac{V_R^2}{127 (e_{max} + f)}$$

$$= \frac{6400}{30.48}$$

$$= 209.97 \text{ m}$$

Maka R yang dipakai : 250 m > 209.974 m

c. Kontrol Super Elevasi :

$$\begin{aligned} e_{\max} &= \frac{VR^2}{127 (R_{\min})} - f \\ &= \frac{6400}{31750} - 0.14 \\ &= 0.062 \\ &= 6.2 \quad \% \end{aligned}$$

Maka Dipakai $e = 6.2 \quad \% \leq e_{\max} = 10\% = \text{OK}$

d. Penentuan Lengkung Peralihan :

1). Dasar waktu tempuh maksimum pada Lengkung peralihan $T = 3$ detik

$$\begin{aligned} L_s &= \frac{VR}{3.6} \times T \\ &= 66.67 \quad \text{m} \end{aligned}$$

2). Antisipasi Gaya Sentrifugal :

$$\begin{aligned} L_s &= 0.022 \left(\frac{VR^3}{R_c \cdot c} \right) - 2.727 \left(\frac{VR \cdot e}{c} \right) \\ &= 0.022 \left(\frac{512000}{100} \right) - 2.727 \left(\frac{4.93}{0.4} \right) \\ &= 79.06 \quad \text{m} \end{aligned}$$

3). Tingkat Pencapaian Perubahan Kelandaian :

$$\begin{aligned} L_s &= \frac{(e_m - e_n) \cdot VR}{3.6 \times re} \\ L_s &= \frac{0.062 - 0.02}{3.6} \cdot \frac{80}{0.035} \\ L_s &= 26.40 \quad \text{m} \end{aligned}$$

Dari semua rumus L_s diatas maka nilai L_s diambil yang terbesar, yaitu : 79.06 m

(nilai L_s diambil terbesar sesuai acuan dari Tata Cara Perencanaan Geometrik

Jalan Antar Kota, TPJAK 1997)

$$\begin{aligned}
 \text{e. } \theta_s \text{ (sudut lengkung spiral)} &= \frac{90}{p} \times \frac{L_s}{R_c} \\
 &= \frac{90}{3.14} \frac{79.06}{250} \\
 &= 9.1^\circ \\
 \\
 \text{f. } \theta_c \text{ (sudut lengkung lingkaran)} &= \Delta - 2 \cdot \theta_s \\
 &= 18.283^\circ \\
 &= 0.16^\circ \\
 \\
 \text{g. } L_c \text{ (panjang busur lingkaran)} &= \frac{\theta_c \cdot \pi \cdot R_c}{180} \\
 &= \frac{121.8766}{180} \\
 &= 0.68 \text{ m} \\
 \\
 \text{h. } L \text{ (total L lengkung peralihan)} &= (2 \times L_s) \\
 &= 158.11 \text{ m} \\
 \\
 \text{i. } X_c \text{ (jarak titik ST ke TC)} &= L_s \left(1 - \left(\frac{L_s^2}{40 \cdot R_c^2} \right) \right) \\
 &= 79.06 \cdot 1.00 \\
 &= 78.86 \text{ m} \\
 \\
 \text{j. } Y_c \text{ (jarak tegak lurus SC pada lengkung)} &= \frac{L_s^2}{6 \cdot R_c} \\
 &= \frac{6250.03}{1500} \\
 &= 4.17 \text{ m} \\
 \\
 \text{k. } P \text{ (pergeseran tangen terhadap spiral)} &= Y_c - R_{renc} (1 - \cos \theta_s) \\
 &= 4.17 - 250 \cdot 0.01 \\
 &= 1.05 \text{ m} \\
 \\
 \text{l. } K \text{ (absis dari P terhadap garis tangen spiral)} &= X_c - (R_{renc} \cdot \sin \theta_s) \\
 &= 78.86 - 250 \cdot 0.16 \\
 &= 39.48 \text{ m}
 \end{aligned}$$

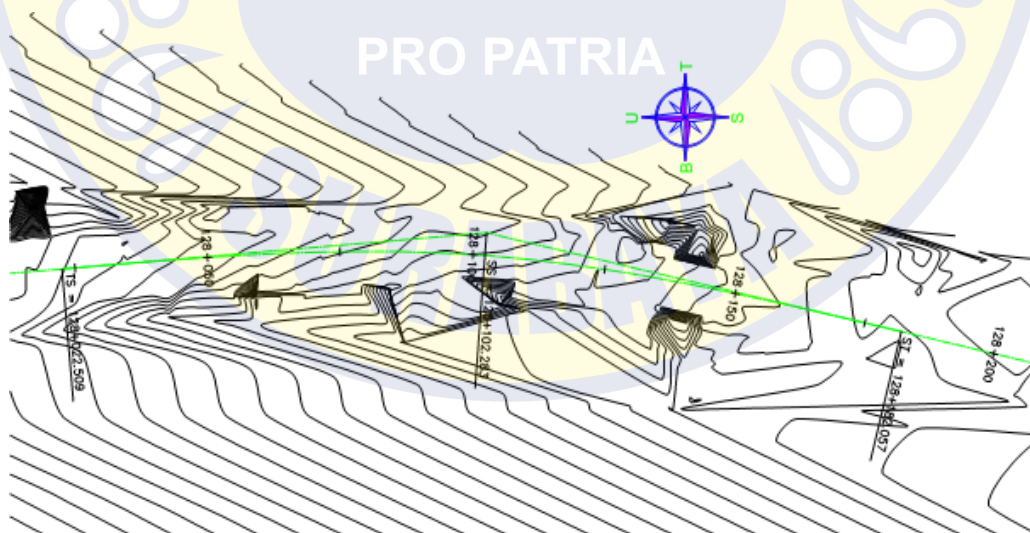
Berdasarkan hitungan didapat nilai $P = 1.05 > 0.25$
 maka digunakan tipe hitungan S-C-S atau S-S.

Syarat Jika $L_c > 25$ m maka digunakan S-C-S
 $L_c < 25$ m maka digunakan S-S

Maka Tipe yang digunakan adalah S-S karena $L_c = 0.68 < 25$ m

$$\begin{aligned}
 T_s &= (R_{renc} + P) \times \tan \Delta/2 + k \\
 &= 251.05 + 0.16 \times 39.48 \\
 &= 79.873024 \text{ m} \\
 E_s &= \frac{(R_{renc} + P)}{\cos \Delta/2} - R_{renc} \\
 &= \frac{254.27}{\cos \Delta/2} - 250.00 \\
 &= 4.27 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas untuk tikungan P1 menggunakan tikungan SS dengan lengkung peralihan L_s sepanjang 72.18 m, dengan superelevasi yang mencapai 4.641%, T_s sebesar 45.42 meter dan E_s sebesar 1.93 meter. Untuk perhitungan tikungan lainnya dapat dilihat di tabel 4.2. perhitungan tikungan.



Gambar 4. 2. Tikungan P1

Tabel 4. 2. Perhitungan Tikungan

PI	STA	Data Lengkung														
		Δ					θ	Vr	fmak	Rmin	R	Lc	Ls			p
		o	'	"	Desimal	1							2	3		
1	0 + 131.755	18	16	58	18.283	9.064	80	0.140	209.974	250	0.67612	66.6667	79.057	26.397	1.04167	
2	1 + 102.283	10	27	4	10.451	10.344	70	0.147	156.522	200	-35.713	58.3333	72.175	14.674	1.08527	
3	1 + 479.900	15	13	44	15.229	2.864	60	0.153	112.041	500	82.9506	50	27.562	-13.949	0.20833	
4	2 + 251.678	6	57	19	6.955	1.790	90	0.134	273.146	1200	70.7296	75	38.759	-20.509	0.19531	
5	2 + 621.587	3	0	5	3.001	1.313	110	0.121	432.089	2000	13.1437	91.6667	42.459	-24.278	0.17506	
6	4 + 961.226	8	7	23	8.123	2.028	85	0.137	240.295	1000	70.9978	70.8333	39.181	-19.783	0.20906	
7	5 + 208.601	22	45	33	22.759	12.322	60	0.153	112.041	150	-4.9307	50	64.484	7.608	1.15505	
8	5 + 502.581	14	32	13	14.537	16.056	50	0.160	75.8576	100	-30.659	41.6667	56.018	6.885	1.30752	
9	5 + 585.259	19	57	47	19.963	26.918	40	0.166	47.3625	50	-29.544	33.3333	46.956	20.942	1.83742	
10	5 + 918.385	29	49	21	29.823	15.516	60	0.153	112.041	120	-2.5302	50	64.959	30.105	1.46515	
11	6 + 180.444	3	15	35	3.260	2.028	85	0.137	240.295	1000	-13.918	70.8333	39.181	-19.783	0.20906	
12	9 + 559.733	26	20	22	26.339	10.344	70	0.147	156.522	200	19.72	58.3333	72.175	14.674	1.08527	

Tabel 4.2. Perhitungan Tikungan (Lanjutan)

PI	Data Lengkung													e (%)
	Jenis Lengkung	DESIGN												
		Δ	θ	R	Vr	Lc	Ls	p	k	Ts or Tc	Es or Ec	e		
1	P > 0,25 ; Lc < 25	S-S	18.2828	9.14139	250	80	0	79.057	0.99151	39.1416	79.5299	4.22028	6.15748	6.157
2	P > 0,25 ; Lc < 25	S-S	10.4503	5.22514	200	70	0	72.175	3.50998	53.7265	72.3374	4.35918	4.64134	4.641
3	P < 0,25	FC	15.2289	0	500	60	132.83	0	0	0	66.8425	4.44814	-0.9294	2.000
4	P < 0,25	FC	6.95528	0	1200	90	145.597	0	0	0	72.9251	2.21382	-0.8713	2.000
5	P < 0,25	FC	3.00139	0	2000	110	104.715	0	0	0	52.3961	0.68622	-0.7809	2.000
6	P < 0,25	FC	8.12306	0	1000	85	141.702	0	0	0	71.006	2.51776	-0.9326	2.000
7	P > 0,25 ; Lc < 25	S-S	22.7592	11.3796	150	60	0	64.484	1.67142	34.5897	65.1158	4.71283	3.59764	3.598
8	P > 0,25 ; Lc < 25	S-S	14.5369	7.26847	100	50	0	56.018	4.42648	42.9268	56.2458	5.27243	3.73504	3.735
9	P > 0,25 ; Lc < 25	S-S	19.9631	9.98153	50	40	0	46.956	6.59286	37.2545	47.2145	7.46263	8.59685	8.597
10	P > 0,25 ; Lc < 25	S-S	29.8225	14.9113	120	60	0	64.959	1.81966	33.6041	66.0434	6.06482	8.32205	8.322
11	P < 0,25	FC	3.25972	0	1000	85	56.864	0	0	0	28.4541	0.40474	-0.9326	2.000
12	P > 0,25 ; Lc < 25	S-S	26.3394	13.1697	200	70	0	72.175	1.09081	36.0302	83.0835	6.52246	4.64134	4.641

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)

4.2.2. Perencanaan alinemen vertikal

Pada dasarnya perencanaan alinemen vertikal merupakan perencanaan pada penampang memanjang jalan. Pada alinemen vertikal akan apakah jalan tersebut tanpa kelandaian, mendaki ataupun terdapat turunan. Sesuai data elevasi yang didapat pada ruas jalan yang direncanakan terdapat 22 lengkung vertikal.

Berikut merupakan perhitungan lengkung vertikal pada PV1:

a. Perhitungan kelandaian rencana

- $g_n = \frac{\Delta h}{\Delta l} \times 100\%$
 $g_1 = \frac{213.141 - 207.012}{173.716} \times 100\%$
 $= 3.528 \%$
 $g_2 = \frac{207.012 - 202.215}{630.836} \times 100\%$
 $= 0.771\%$

b. Perhitungan panjang L

Data dan ketentuan:

- $V_r = 80$ km/jam
- Jarak pandang henti (J_h) = 120 m (tabel 2.1)
- $g_1 = -3.528 \%$
- $g_2 = -0.771\%$
- $A = g_1 - g_2 = -2.758 \%$ (cekung)

1). Berdasarkan jarak pandang henti

- $J_h < L$, maka : $L = \frac{A \cdot J_h^2}{120 + 3.5J_h}$

$$= \frac{2.758 \cdot 120^2}{120 + 3.5 \times 120}$$

$$= \mathbf{114.667 \text{ meter (memenuhi)}}$$

- $J_h > L$, maka : $L = 2 J_h - \frac{120+3.5 J_h}{A}$

$$= 2 \times 120 - \frac{120+3.5 \cdot 120}{2.758}$$

$$= \mathbf{114.419 \text{ meter (memenuhi)}}$$

2). Berdasarkan bentuk visual lengkung vertikal (panjang untuk kenyamanan)

- $L = \frac{A \cdot V^2}{380}$

$$= \frac{2.758 \times 80^2}{380}$$

$$= \mathbf{72.421 \text{ meter}}$$

Diambil $L = 300$ meter dengan pertimbangan ekonomis mengikuti existing jalan sebelumnya agar tidak terjadi galian berlebih

c. Perhitungan E_v

$$E_v = \frac{A \cdot L}{800}$$

$$= \frac{2.758 \cdot 300}{800}$$

$$= 1.034 \text{ meter}$$

d. Perhitungan STA dan elevasi lengkung vertikal

- Elevasi PVV = Elv titik perpotongan PVV + E_v
- $$= 207.012 + 1.034$$
- $$= 208.046$$
- STA di PLV = STA PVV - $(L/2)$

$$= (128+073.716) - 150$$

$$= 127+923.716$$

- Elevasi PVL = Elv titik perpotongan PPV + $(L/2 \times g1)$

$$= 207.012 + 150 \times 3.259\%$$

$$= 212.305$$

- STA di PTV = STA PPV + $(L/2)$

$$= (128+073.716) + 150$$

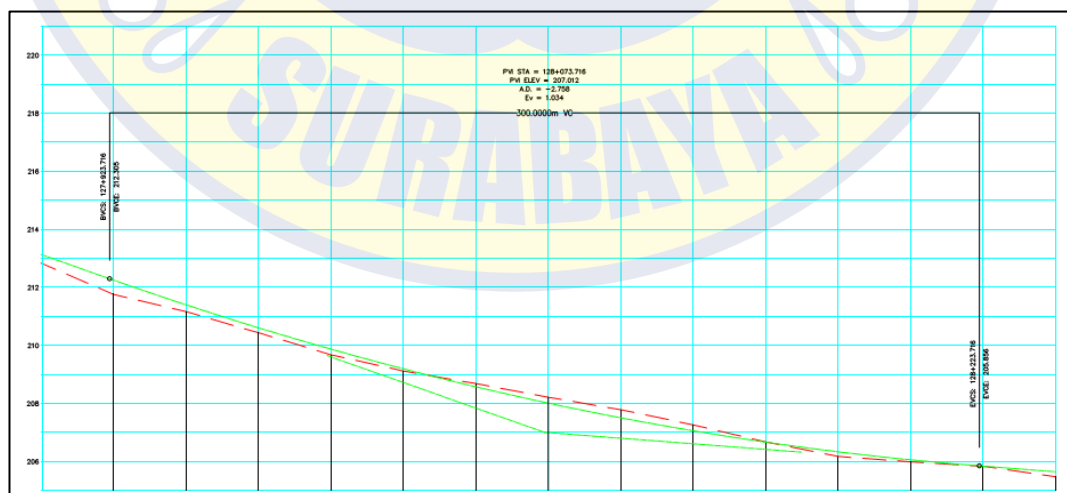
$$= 128+223.716$$

- Elv. PTV = Elv titik perpotongan PPV - $(L/2 \times g1)$

$$= 207.012 - 150 \times 0.77\%$$

$$= 205.856$$

Sesuai perhitungan PV1 didapat jenis lengkung vertikal cekung sepanjang $L = 300$ meter dengan elevasi PVV sebesar 208.046 di STA 128+073.716. Lengkung vertikal PV1 dapat dilihat di gambar 4.3. Untuk perhitungan lengkung vertikal lainnya dapat dilihat di tabel 4.3.



Gambar 4. 3. Lengkung Cekung Vertikal PV1

Tabel 4. 3. Perhitungan Lengkung Vertikal

lengkung vertikal	Vd	g1	g2	A (g1-g2)	Jenis Lengkung Vertikal	Evl. Perpotongan PPV	STA PPV	jarak pandang		Hasil perhitungan		Stationing		elevasi
								henti (Jh)	mendahului (Jd)	L yang dipakai	Ev			
PV1	80	-3.529	-0.771	-2.758	cekung	207.012	128+073.716	120	550	300	1.03425	PLV	127+923.716	212.305
												PPV	128+073.716	208.0463
												PTV	128+223.716	205.856
PV2	70	-0.771	-2.663	1.892	cembung	202.151	128+704.552	97.5	450	50	0.11825	PLV	128+679.552	202.344
												PPV	128+704.552	202.2693
												PTV	128+ 729.552	201.485
PV3	70	-2.663	0.569	-3.232	cekung	197.225	128+889.559	97.5	450	100	0.404	PLV	128+839.559	198.556
												PPV	128+889.559	197.629
												PTV	128+939.559	197.509
PV4	70	0.569	-3.05	3.619	cembung	201.303	129+606.076	97.5	450	100	0.452375	PLV	129+556.076	201.019
												PPV	129+606.076	201.7554
												PTV	129+656.076	199.778
PV5	90	-3.05	-0.015	-3.035	cekung	189.408	129+996.060	147.5	610	400	1.5175	PLV	129+796.060	195.508
												PPV	129+996.060	190.9255
												PTV	130+196.060	189.378
PV6	90	-0.015	-1.326	1.311	cembung	189.336	130+480.813	147.5	610	100	0.163875	PLV	130+430.813	189.342
												PPV	130+480.813	189.4999
												PTV	130+530.813	188.672
PV7	90	-1.326	1.416	-2.742	cekung	185.62	130+760.962	147.5	610	300	1.02825	PLV	130+610.962	187.609
												PPV	130+760.962	186.6483
												PTV	130+910.962	187.744
PV8	80	1.416	-2.907	4.323	cembung	193.937	131+348.299	120	550	250	1.3509375	PLV	131+223.299	192.167
												PPV	131+348.299	195.2879
												PTV	131+473.299	190.304
PV9	80	-2.907	-4.217	1.31	cembung	179.797	131+834.706	120	550	300	0.49125	PLV	131+684.706	184.158
												PPV	131+834.706	180.2883
												PTV	131+984.706	173.472
PV10	80	-4.217	1.997	-6.214	cembung	155.027	132+422.126	120	550	500	3.88375	PLV	132+172.126	165.569
												PPV	132+422.126	158.9108
												PTV	132+672.126	160.021
PV11	70	1.997	-4.929	6.926	cembung	165.023	132+922.557	97.5	450	200	1.7315	PLV	132+822.557	163.025
												PPV	132+922.557	166.7545
												PTV	133+022.557	160.094

Tabel 4.3. Perhitungan Lengkung Vertikal (Lanjutan)

PV12	70	-4.929	-3.166	-1.763	cekung	149.191	133+243.781	97.5	450	100	0.220375	PLV	133+193.781	151.655
												PPV	133+243.781	149.4114
												PTV	133+293.781	147.608
PV13	60	-3.166	-4.156	0.99	cembung	140.63	133+514.173	75	350	100	0.12375	PLV	133+464.173	142.213
												PPV	133+514.173	140.7538
												PTV	133+564.173	138.552
PV14	60	-4.156	-1.584	-2.572	cekung	125.632	133+875.074	75	350	200	0.643	PLV	133+775.074	129.788
												PPV	133+875.074	126.275
												PTV	133+975.074	124.048
PV15	60	-1.584	-0.723	-0.861	cekung	120.098	134+224.429	75	350	100	0.107625	PLV	134+174.429	120.89
												PPV	134+224.429	120.2056
												PTV	134+274.429	119.737
PV16	50	-0.723	-1.42	0.697	cembung	116.157	134+769.686	55	250	100	0.087125	PLV	134+719.686	116.518
												PPV	134+769.686	116.2441
												PTV	134+819.686	115.447
PV17	50	-1.42	-2.441	1.021	cembung	106.742	135+432.887	55	250	100	0.127625	PLV	135+382.887	107.452
												PPV	135+432.887	106.8696
												PTV	135+482.887	105.521
PV18	40	-2.441	-1.353	-1.088	cekung	103.197	135+578.085	40	200	100	0.136	PLV	135+528.085	104.418
												PPV	135+578.085	103.333
												PTV	135+628.085	102.521
PV19	60	-1.353	-0.927	-0.426	cekung	94.796	136+198.855	75	350	100	0.05325	PLV	136+148.855	95.473
												PPV	136+198.855	94.84925
												PTV	136+248.855	94.333
PV20	70	-0.927	-3.495	2.568	cembung	90.335	136+679.988	450	200	100	0.321	PLV	136+629.988	90.799
												PPV	136+679.988	90.656
												PTV	136+729.988	88.388
PV21	70	-3.495	0.341	-3.836	cekung	80.525	136+931.851	450	100	150	0.71925	PLV	136+856.851	83.446
												PPV	136+931.851	81.24425
												PTV	137+006.851	80.781
PV22	80	0.341	-3.508	3.849	cembung	81.282	137+153.981	120	550	200	0.96225	PLV	137+053.981	80.941
												PPV	137+153.981	82.24425
												PTV	137+253.981	77.774

(Sumber: hasil perhitungan, 2021)

4.3 Perencanaan Tebal Perkerasan

Tebal perkerasan lentur direncanakan dengan mengikuti acuan Manual Desain Perkerasan jalan tahun 2017. Perencanaan dilakukan pada ruas jalan lajur pendakian pada Sta 127+050 sampai Sta 137+500 dengan umur rencana perkerasan lentur 20 tahun dan umur rencana pondasi perkerasan yaitu 40 tahun sesuai dengan Tabel 2. 10. umur rencana perkerasan jalan baru.

1) Volume lalu lintas

Data volume lalu lintas yang didapat dari instansi terkait yang merupakan data dari hasil survey lalu lintas pada tahun 2020 yang diperoleh data lalu lintas sebagai berikut:

Tabel 4. 4. Volume Lalu Lintas.

Jenis Kendaraan		Lintas Harian Rata-rata (2arah)
5b	Bus besar	521.00
6a	Truck ringan 2 As (4 Roda)	325.00
6b1.2	Truck sedang, 2 As (6 Roda) ringan	1,256.00
6b2.2	Truck sedang, 2 As (6 Roda) berat	1,852.00
7a1	Truck berat 3 As (tronton)	899.00
7a2	Truck berat 3 As (tronton)	1,007.00
7b	Truck gandeng/semi trailer tunggal 4 gandar	215.00
7c1	Truck Trailer Tandem	160.00

(Sumber: PT. Adhi Mitra Prima, 2020)

2) Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas dipengaruhi oleh faktor laju pertumbuhan lalu lintas dan umur rencana. Sesuai data yang didapat pada ruas jalan yang direncanakan termasuk dalam jalan dengan fungsi jalan arteri, dimana faktor

laju pertumbuhan pada pulau jawa sebesar 4,8% sesuai dengan Tabel 2. 11. Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i) dan direncanakan umur rencana 20 tahun yang mengacu pada Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP 2017) untuk perkerasan lentur. Berikut merupakan perhitungan pertumbuhan lalu lintas kumulatif (R) pada umur rencana 20 tahun:

$$\begin{aligned} \bullet R &= \frac{(1+0,01 i)^{UR}-1}{0,01 i} = \\ &= \frac{(1 + 0,01 (4,8))^{20} - 1}{0,01 (4,8)} \\ &= 32,3755 \end{aligned}$$

3) Lalu lintas pada lajur rencana

- Faktor distribusi arah (DD), umumnya diambil nilai 0,5 untuk jalan dua arah
- Faktor distribusi lajur (DL) diambil 100% atau 1, sesuai Tabel 2. 12.
Faktor distribusi lajur (DL)

4) Faktor Ekuivalen Beban (VDF)

Nilai VDF didasarkan pada Tabel 2. 13. Nilai VDF masing masing jenis kendaraan niaga, dikarenakan tidak memungkinkan untuk dilakukanya survey beban gandar.

Tabel 4. 5. Nilai VDF Yang Di Pakai

Jenis Kendaraan		VDF5 Aktual (pulau jawa)
5b	Bus besar	1.0
6a	Truck ringan 2 As (4 Roda)	0.5
6b1.2	Truck sedang, 2 As (6 Roda) ringan	9.2
6b2.2	Truck sedang, 2 As (6 Roda) berat	9.2
7a1	Truck berat 3 As (tronton)	14.4
7a2	Truck berat 3 As (tronton)	19.0
7b	Truck gandeng/semi trailer tunggal 4 gandar	18.2
7c1	Truck Trailer Tandem	19.8

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

5) Menghitung Beban Sumbu Standar Kumulatif (CESAL)

Pada perencanaan ruas jalan ini, digunakan perhitungan CESA5 untuk lapis perkerasan umur rencana 20 tahun dikarenakan jumlah volume kendaraan yang besar. Laju pertumbuhan lalu lintas 4.8% pada data LHR tahun 2020, tahun pertama setelah pembukaan untuk lalu lintas di tahun 2022 (masa konstruksi 2 tahun setelah 2020). Sehingga data LHR yang digunakan untuk perencanaan 20 tahun adalah LHR 2022. Berikut merupakan tabel perhitungan CESA5 untuk lapis perkerasan umur 20 tahun (2022-2042).

Tabel 4. 6. Perhitungan CESA5 Untuk Lapis Perkerasan Umur 20 Tahun (2022-2042)

Jenis Kendaraan		Lintas Harian Rata-rata (Zarah) 2020	LHR 2022	VDF5 Aktual (pulau jawa)	ESA5 ('22-'42)
5b	Bus besar	521.00	572.22	1.0	3,380,904.74
6a	Truck ringan 2 As (4 Roda)	325.00	356.95	0.5	1,054,504.84
6b1.2	Truck sedang, 2 As (6 Roda) ringan	1,256.00	1,379.47	9.2	74,984,703.39
6b2.2	Truck sedang, 2 As (6 Roda) berat	1,852.00	2,034.06	9.2	110,566,616.78
7a1	Truck berat 3 As (tronton)	899.00	987.38	14.4	84,007,371.25
7a2	Truck berat 3 As (tronton)	1,007.00	1,105.99	19.0	124,159,021.91
7b	Truck gandeng/semi trailer tunggal 4 gandar	215.00	236.14	18.2	25,392,476.49
7c1	Truck Trailer Tandem	160.00	175.73	19.8	20,557,977.39
				CESA5	444,103,576.80

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)

Dari hasil perhitungan didapat jumlah CESA5 untuk lapis perkerasan umur 20 tahun (2022-2042) sebesar 444103576,80. Pada perencanaan ini digunakan perkerasan aspal beton dengan *cement treated base* (CTB) dikarenakan ruas jalan ini melayani lalu lintas sedang dan berat sehingga dipilih lapis fondasi CTB. Ketebalan lapisan aspal dan CTB dilihat pada bagan-3 (Desain Perkerasan Lentur opsi biaya minimum dengan CTB) sebagai berikut:

Tabel 4. 7. Tebal Perkerasan Yang Dipakai

	F1 ²	F2	F3	F4	F5
	Untuk lalu lintas di bawah 10 juta ESA5 lihat bagan desain 3A – 3B dan 3 C				Lihat Bagan Desain 4 untuk alternatif perkerasan kaku ³
Repetisi beban sumbu kumulatif 20 tahun pada lajur rencana (10 ⁶ ESA _s)	> 10 - 30	> 30 – 50	> 50 – 100	> 100 – 200	> 200 – 500
Jenis permukaan berpegikat	AC	AC			
Jenis lapis Fondasi	Cement Treated Base (CTB)				
AC WC	40	40	40	50	50
AC BC ⁴	60	60	60	60	60
AC BC atau AC Base	75	100	125	160	220
CTB ³	150	150	150	150	150
Fondasi Agregat Kelas A	150	150	150	150	150

Catatan:

- Ketentuan-ketentuan struktur Fondasi Bagan Desain - 2 berlaku.
- CTB mungkin tidak ekonomis untuk jalan dengan beban lalu lintas < 10 juta ESA5. Rujuk Bagan Desain - 3A, 3B dan 3C sebagai alternatif.
- Pilih Bagan Desain - 4 untuk solusi perkerasan kaku dengan pertimbangan *life cycle cost* yang lebih rendah untuk kondisi tanah dasar biasa (bukan tanah lunak).
- Hanya kontraktor yang cukup berkualitas dan memiliki akses terhadap peralatan yang sesuai dan keahlian yang diizinkan melaksanakan pekerjaan CTB. LMC dapat digunakan sebagai pengganti CTB untuk pekerjaan di area sempit atau jika disebabkan oleh ketersediaan alat.
- AC BC harus dihampar dengan tebal padat minimum 50 mm dan maksimum 80 mm.

(Sumber: Dirjen Bina Marga, MDP 2017)

Dari perhitungan CESA5 dan penyesuaian tabel bagan-3 Desain Perkerasan Lentur opsi biaya minimum dengan CTB maka di dapat:

- Tebal AC-WC = 50 mm
- Tebal AC-BC = 60 mm
- Tebal AC-BC. Abs Pracampur = 220 mm
- Tebal CTB = 150 mm
- Tebal fondasi agregat kelas A = 150 mm

6) Perencanaan Desain Pondasi Jalan

Pada perencanaan pondasi jalan direncanakan umur rencana sebesar 40 tahun sesuai dengan tabel 2.10. umur perkerasan jalan baru, angka ini disesuaikan dengan pedoman MDP 2017. Data CBR yang diperoleh dari hasil pengujian tanah dasar dengan menggunakan alat DCP (*Dynamic cone Penetrometer*) pada jarak per 200 meter pada ruas yang direncanakan lajur pendakian (*climbing lane*) yaitu pada STA 127+050 sampai 128+050 pada kelandaian 5.161% dan STA 131+200 sampai 132+200 pada kelandaian 4.27%. Berikut data CBR yang didapat pada ruas jalan yang direncanakan.

Tabel 4. 8. Data CBR

NO.	KM	CBR (%)
1	127+250	3.43
2	127+450	3.23
3	127+650	3.03
4	127+850	3.54
5	128+050	3.74
6	131+200	3.64
7	131+400	3.14
8	131+600	3.84
9	131+800	3.54
10	132+000	3.66

(Sumber: PT. Adhi Mitra Prima, 2020)

Dari data CBR yang didapat akan dikalikan dengan faktor pengukuran dan faktor musim (penyesuaian minimum nilai CBR berdasarkan pengujian DCP) didapat nilai sebesar 0.8 (Tabel 6.1 MDP 2017 bab 6 desain fondasi, hal. 2), dikarenakan pada saat pengujian DCP pada musim masa transisi. Tabel berikut merupakan hasil perhitungan data CBR terkoreksi:

Tabel 4.9. Nilai CBR Terkoreksi (Nilai CBR X Faktor Musim X Faktor Pengukuran).

NO.	KM	CBR (%)	FAKTOR MUSIM TRANSISI	FAKTOR PENGUKURAN	CBR TERKOREKSI (%)
1	127+250	3.43	0.80	1.00	2.74
2	127+450	3.23	0.80	1.00	2.58
3	127+650	3.03	0.80	1.00	2.42
4	127+850	3.54	0.80	1.00	2.83
5	128+050	3.74	0.80	1.00	2.99
6	131+200	3.64	0.80	1.00	2.91
7	131+400	3.14	0.80	1.00	2.51
8	131+600	3.84	0.80	1.00	3.07
9	131+800	3.54	0.80	1.00	2.83
10	132+000	3.66	0.80	1.00	2.93

(Sumber: Hasil perhitungan, 2021)

Dari perhitungan CBR terkoreksi didapat

- CBR min (Nilai CBR terendah) : 2.424
- CBR rata rata : 2.783
- Simpangan baku (STD) : 0.214
- CBR karakteristik : CBR rata rata – (1.282 x STD)
: 2.509

Tabel 4.10. Nilai CBR Karakteristik

CBR DESIGN DCP						
NO.	RUAS JALAN	JUMLAH DATA	CBR RATA-RATA	STANDAR DEVIASI	CBR KARAKTERISTIK (%)	KETERANGAN
1	PROBOLINGGO-GROBOGAN-WONOREJO	10	2.78	0.21	2.51	KELAS KEKUATAN TANAH SG2.5 (DIPERLUKANYA LAPIS PENOMPANG)

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Nilai CBR karakteristik didapat 2.51%, hal ini menunjukkan bahwa kelas kekuatan tanah adalah SG2.5, dimana diperlukanya lapis penompang. Tebal lapis fondasi dapat dilihat di Tabel 2. 14. Bagan Desain - 2: Desain Fondasi Jalan Minimum

Tabel 4. 11. Tebal Perkerasan Fondasi Yang Dipakai

CBR Tanah dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur			Perkerasan Kaku
			Beban lalu lintas pada lajur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESA5)			
			< 2	2 - 4	> 4	
Tebal minimum perbaikan tanah dasar			Tidak diperlukan perbaikan			
≥ 6	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilisasi semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan Spesifikasi Umum, Devisi 3 – Pekerjaan Tanah) <i>(pemasangan lapisan = 200 mm tebal gembur)</i>	-	-	100	300
5	SG5		100	150	200	
4	SG4		150	200	300	
3	SG3		175	250	350	
2.5	SG2.5		400	500	600	Berlaku ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur
Tanah ekspansif (potensi pemuaian > 5%)		Lapis penopang ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	1000	1100	1200	
Perkerasan di atas tanah lunak ⁽²⁾		-atau- lapis penopang dan geogrid ⁽⁴⁾	650	750	850	
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum – ketentuan lain berlaku)		Lapis penopang berbutir ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	1000	1250	1500	

(Sumber: Dirjen Bina Marga, MDP 2017)

Dari hasil yang didapat pada perkerasan fondasi dengan nilai ESA5 lebih dari 4 juta dan kelas kekuatan SG2.5 diperoleh tebal 350 mm.

7) Tebal lapis perkerasan lentur dan fondasi



Gambar 4. 4. Tebal Perkerasan Lentur

4.4 Perencanaan Lajur Pendakian (*Climbing lane*)

Lajur pendakian direncanakan pada jalan kolektor atau arteri dengan minimal panjang lajur pendakian 200 meter dan jarak antar lajur pendakian sebesar 1.5 meter yang disesuaikan dengan kondisi jalan dilapangan, apakah memungkinkan untuk ditambah lajur pendakian yang lebar sama dengan lajur rencana. Pengamatan menunjukan bahwa untuk mobil penumpang pada kelandaian 3% hanya sedikit sekali pengaruhnya dibandingkan dengan jalan datar, sedangkan truk untuk kelandaian akan lebih besar pengaruhnya (L.Hendrasin,2000). Selain pertimbangan dari kondisi fisik jalan, volume kendaraan juga menentukan untuk direncanakan lajur pendakian.

Sesuai data yang didapat pada ruas jalan yang direncanakan dimulai dari STA 127+050 sampai STA 137+400 dengan panjang 10.350 meter didapat volume kendaraan sebesar > 15000 Smp/hari (Data LHR yang didapat adalah data tahun 2020 dimana dilakukan survey 7 x 12 jam dan didapat jumlah kendaraan rata rata 23.513 smp/hari dan volume persentasi truck lebih dari 15%) untuk itu diperlukanya lajur pendakian pada jalur tersebut. Pada ruas jalan rencana lajur pendakian direncanakan Sta sesuai dengan tabel berikut:

Tabel 4. 12. Rencana *Climbing Lane*

NO.	KM SBY surabaya	JARAK	KM SBY surabaya	PANJANG	KETERANGAN
1	127.05	s/d	128.05	1	Area tanjakan 5.161% dan 4.523%
2	131.2	s/d	132.2	1	Area tanjakan 4.23% dan 3.907%
TOTAL PANJANG PENANGANAN :				2	Kilo Meter

Climbing lane direncanakan dengan panjang total 2 km dengan rincian pada STA 127 + 050 sampai 128+050 dengan panjang 1 km di area tanjakan 5.161 % dan 4.523% (nilai ini didapat pada area tanjakan yang berturut turut dan melampaui

panjangkritis). Untuk STA 131+200 sampai 12+200 direncanakan dengan panjang 1 km di area tanjakan 4.23 % dan 3.91 % (nilai ini didapat pada area tanjakan yang berturut turut dan melampaui panjangkritis).

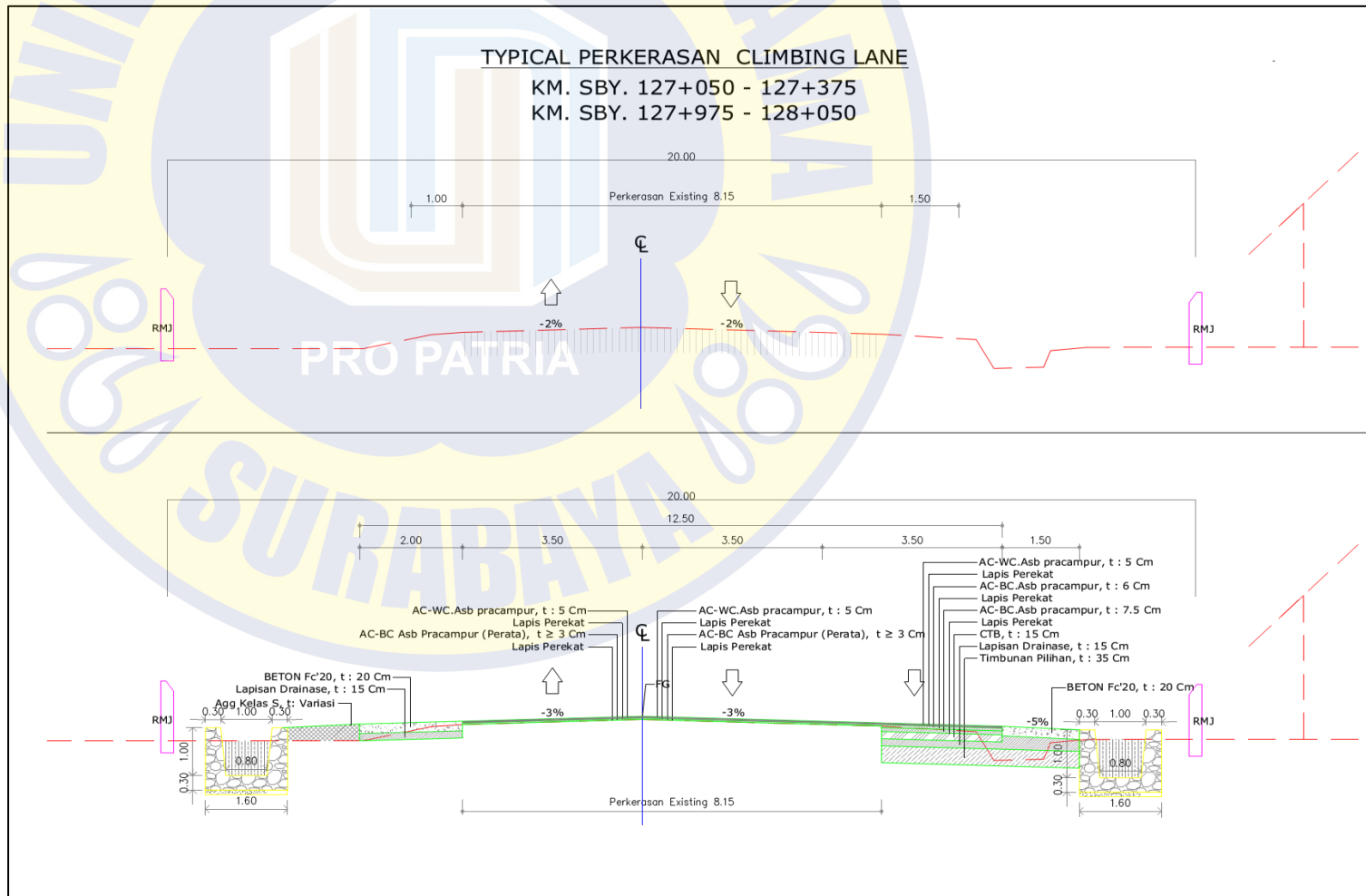
Salah satu syarat untuk menentukan lajur pendakian adalah panjang kritis suatu kelandaian terlampaui, dimana panjang kritis dapat dilihat dari tabel berikut:

Tabel 4. 13. Panjang Kritis

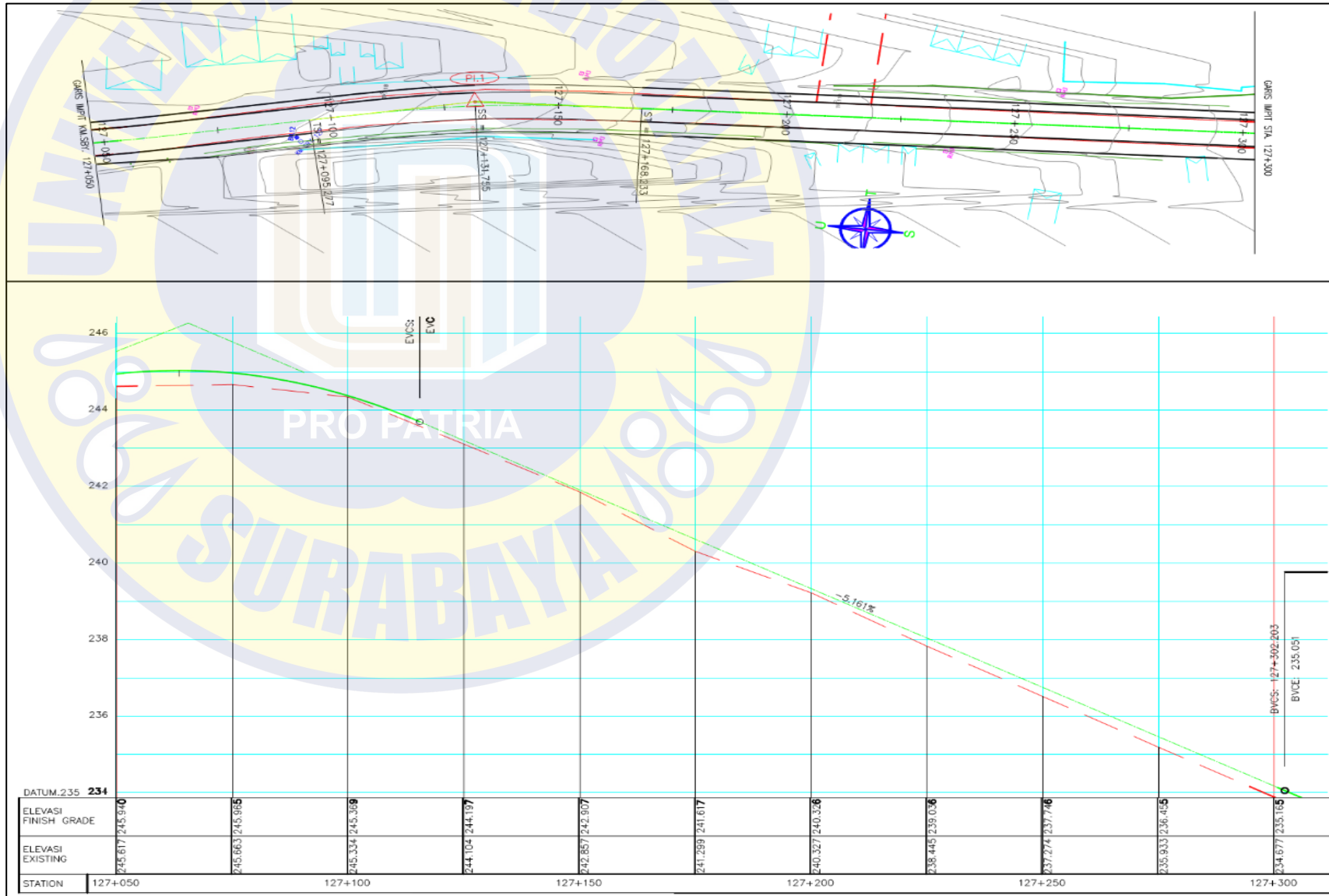
Kecepatan Tanjakan (km/jam)	Kelandaian (%)						
	4	5	6	7	8	9	10
80	630	460	360	270	230	230	200
60	320	210	160	120	110	90	80

(Sumber: Dirjen Bina Marga, TPGJAK 1997)

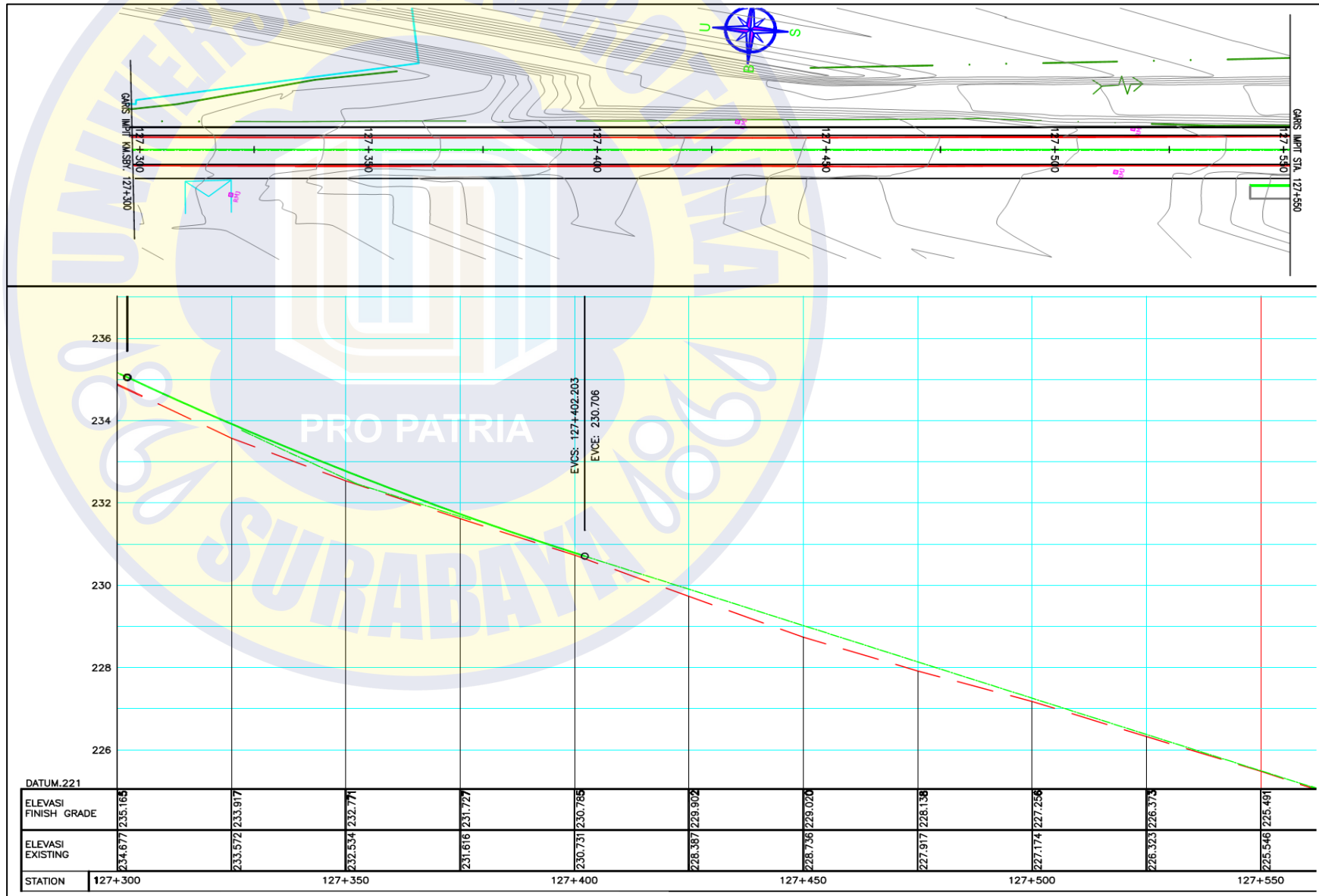
Pada ruas jalan yang direncanakan terdapat kelandaian yang melebihi panjang kritis yaitu pada pada STA 127 + 050 sampai 128+050 dengan panjang 1 km di area tanjakan 5.161 % dan di STA 131+200 sampai 12+200 dengan panjang 1 km di area tanjakan 4.23 %, sehingga lajur pendakian (*climbing lane*) ditentukan pada ruas jalan tersebut. Berikut merupakan penjelasan gambar *Long section* dan *cross section* pada lajur pendakian (*climbing lane*). Penjelasan gambar *long section* pada STA 127 + 050 sampai 128+050 dengan panjang 1 km di area tanjakan 5.161 % dan di STA 131+200 sampai 12+200 dengan panjang 1 km di area tanjakan 4.23 % terdapat pada gambar 4.5 sampai gambar 4.12 yang dibagi menjadi 8 bagian, per 250 meter, sedangkan untuk *cross section* akan dijelaskan per 200 meter yang terdapat pada gambar 4.13 sampai 4.19.



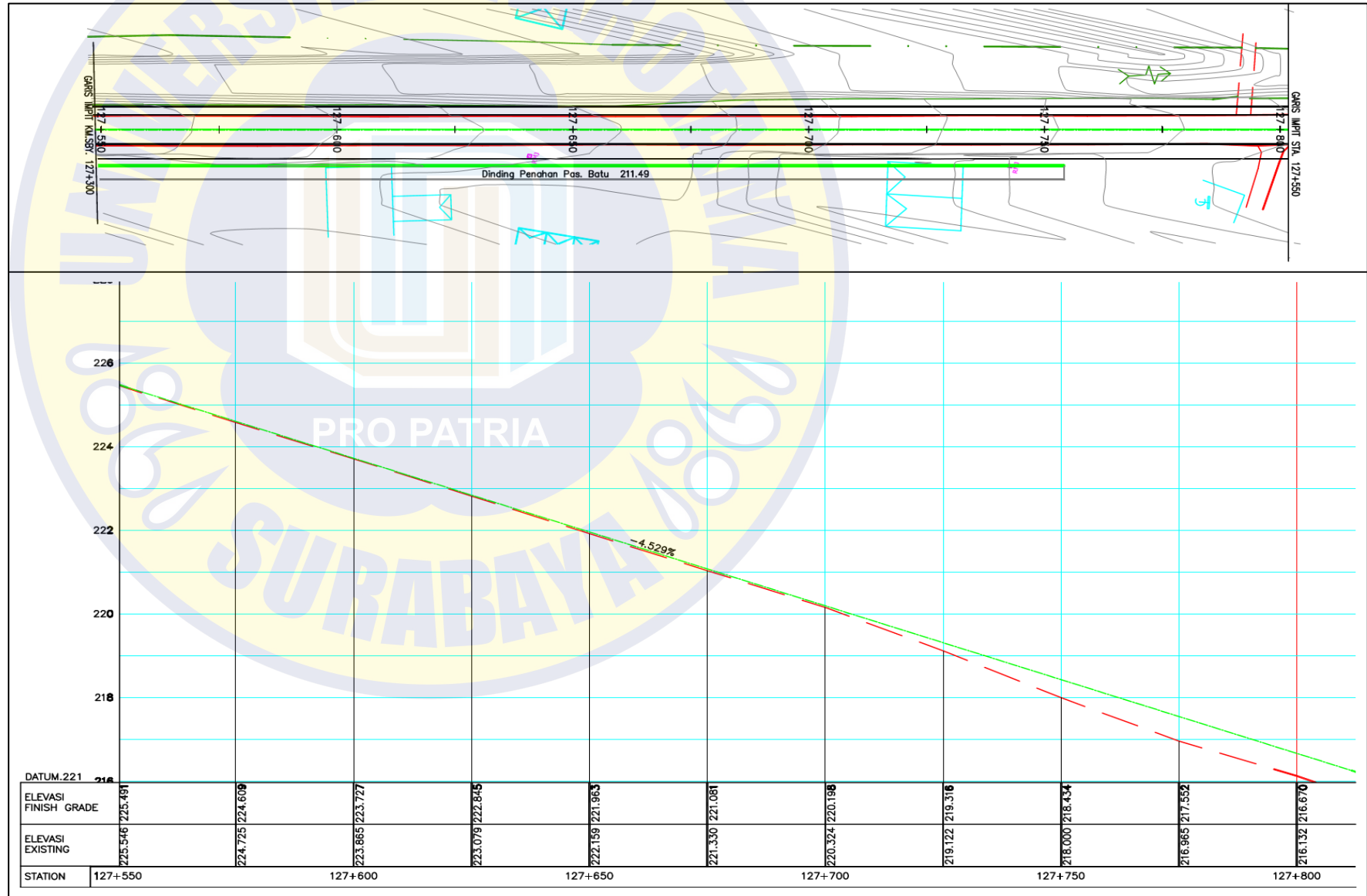
Gambar 4. 5. Tipikal *Climbing Lane*



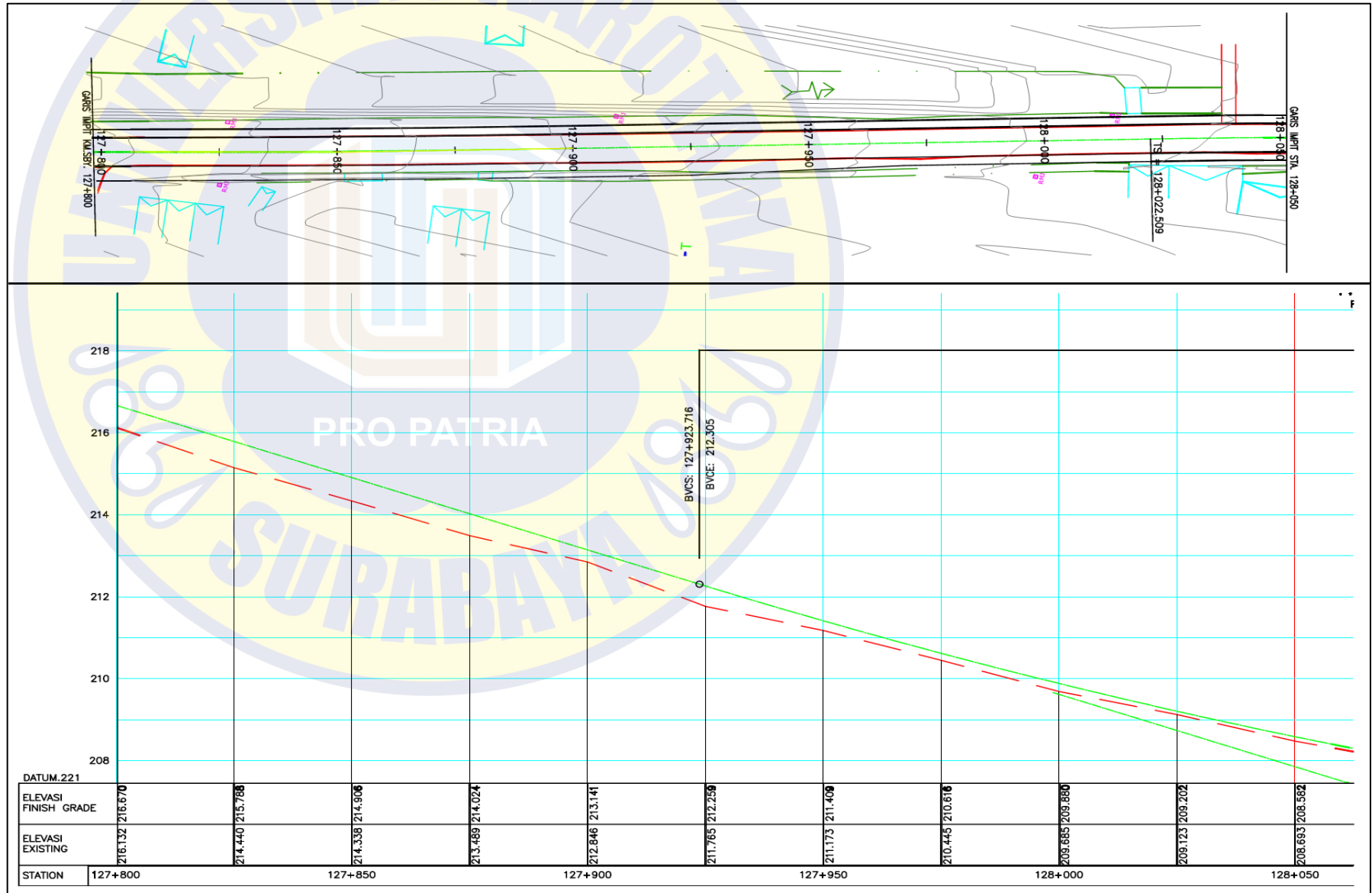
Gambar 4. 6. Long Section Climbing Lane Sta 127+050 Sampai 127+300



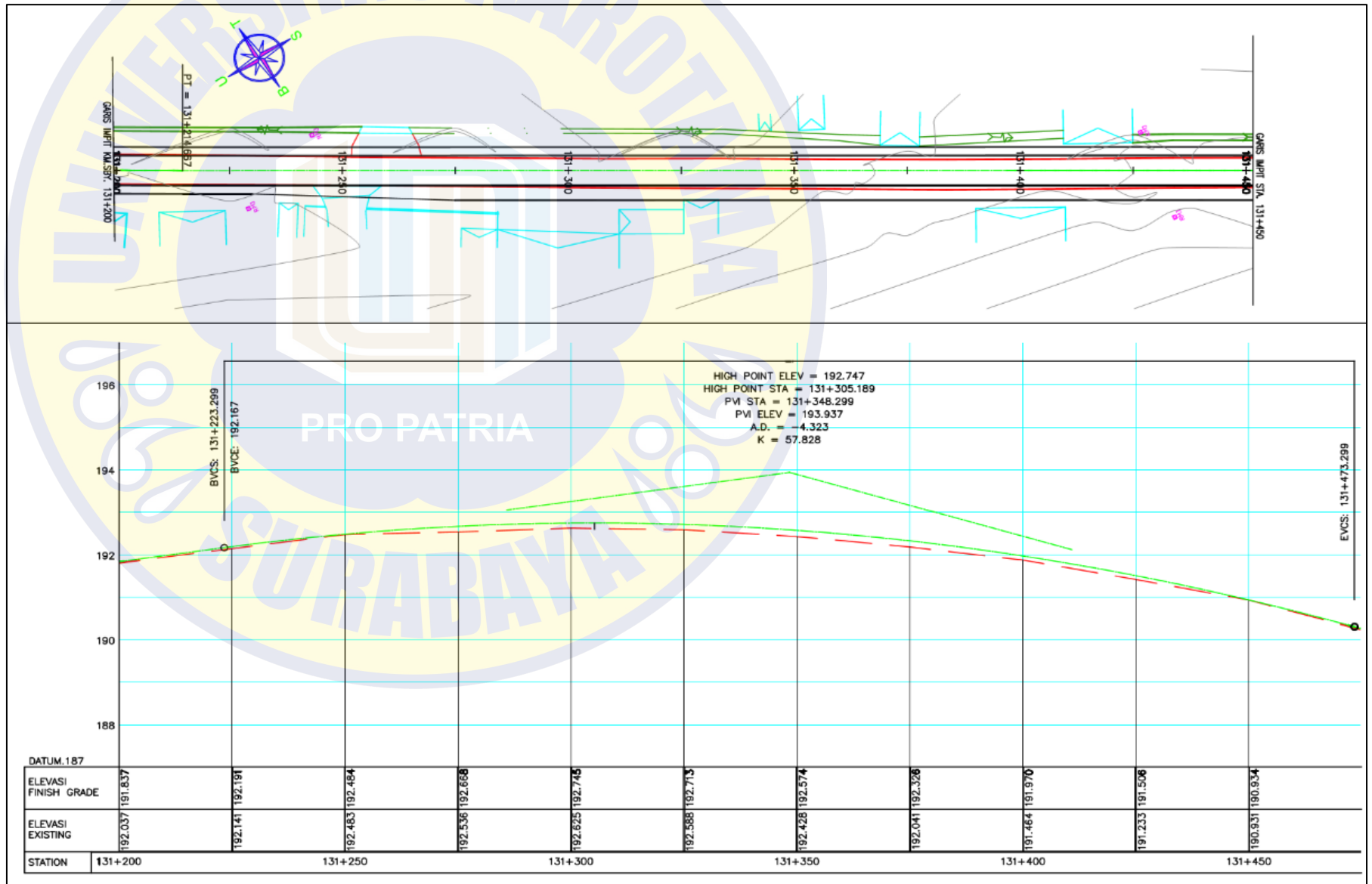
Gambar 4. 7. Long Section Climbing Lane Sta 127+300 Sampai 127+550



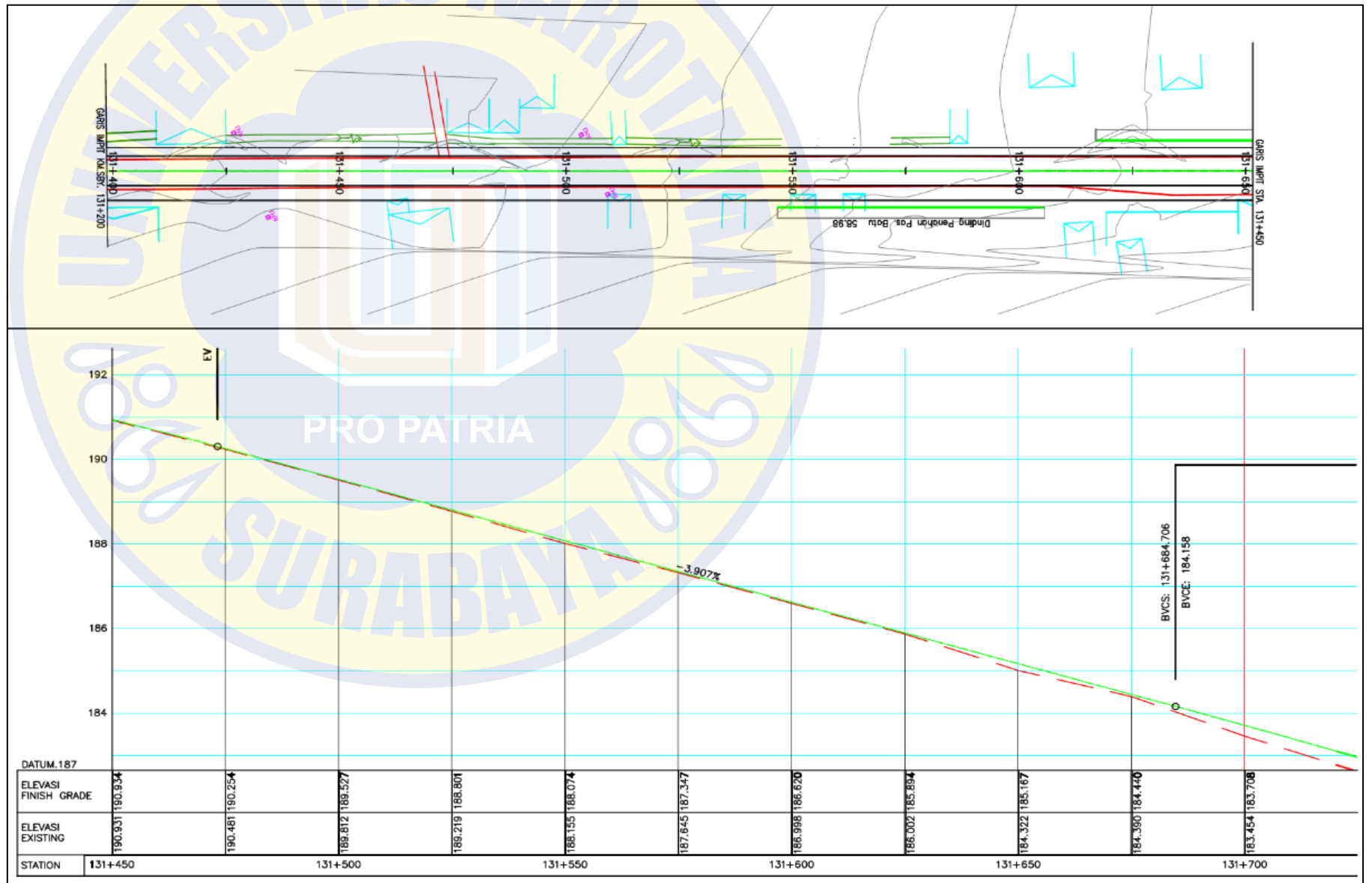
Gambar 4. 8. Long Section Climbing Lane Sta 127+550 Sampai 127+800



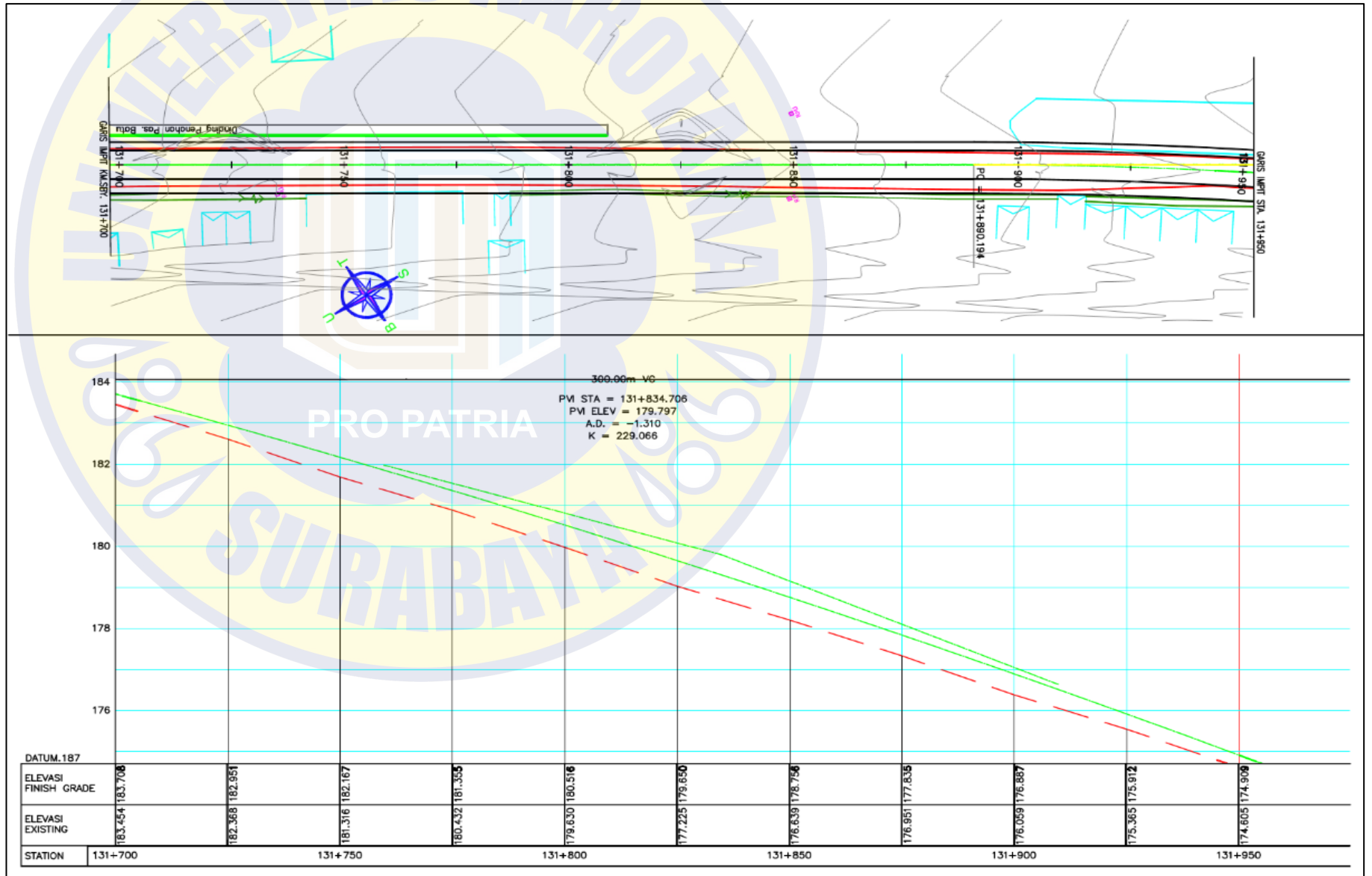
Gambar 4. 9. Long Section Climbing Lane Sta 127+800 Sampai 128+050



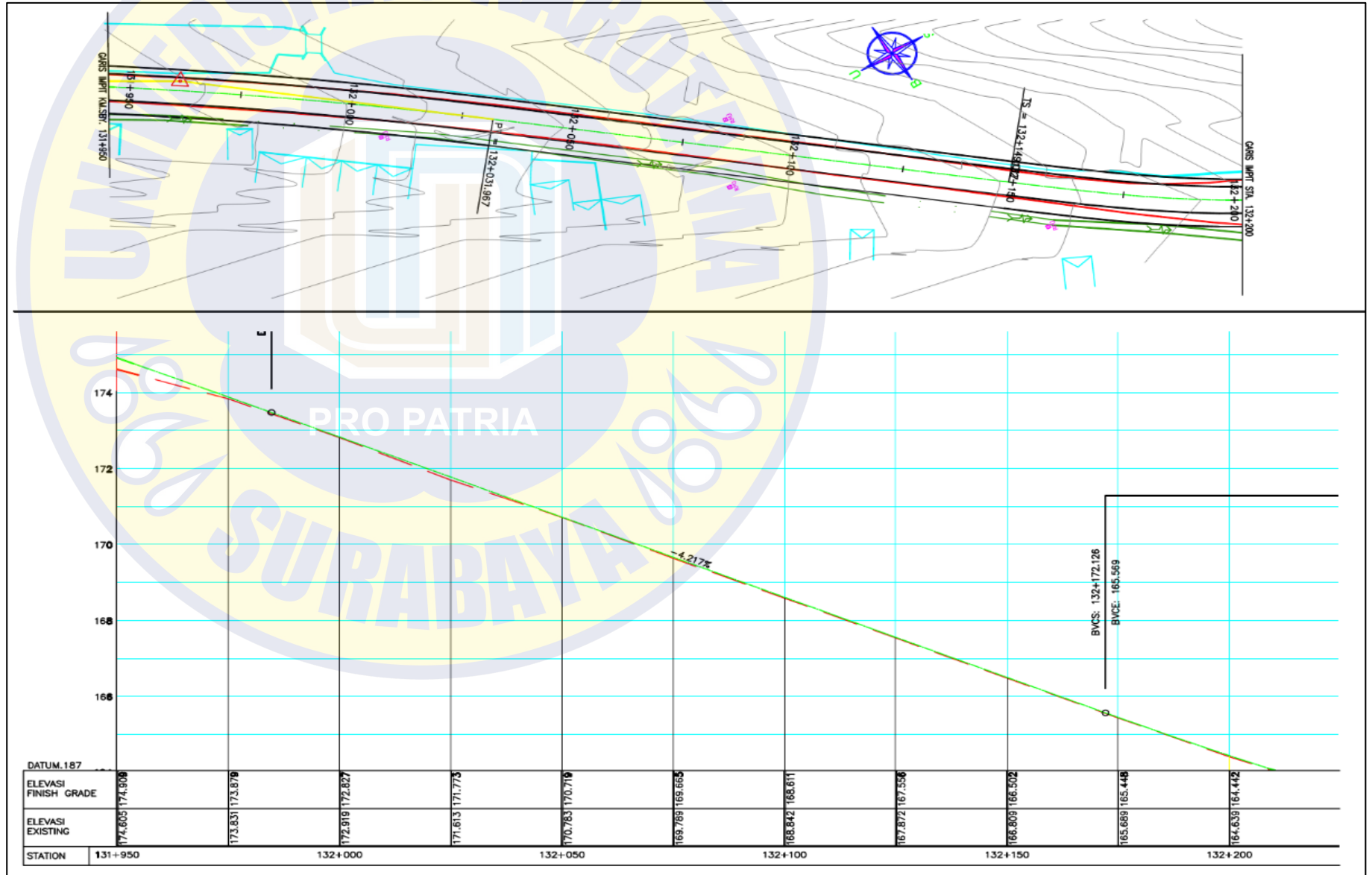
Gambar 4. 10. Long Section Climbing Lane Sta 131+200 Sampai 131+450



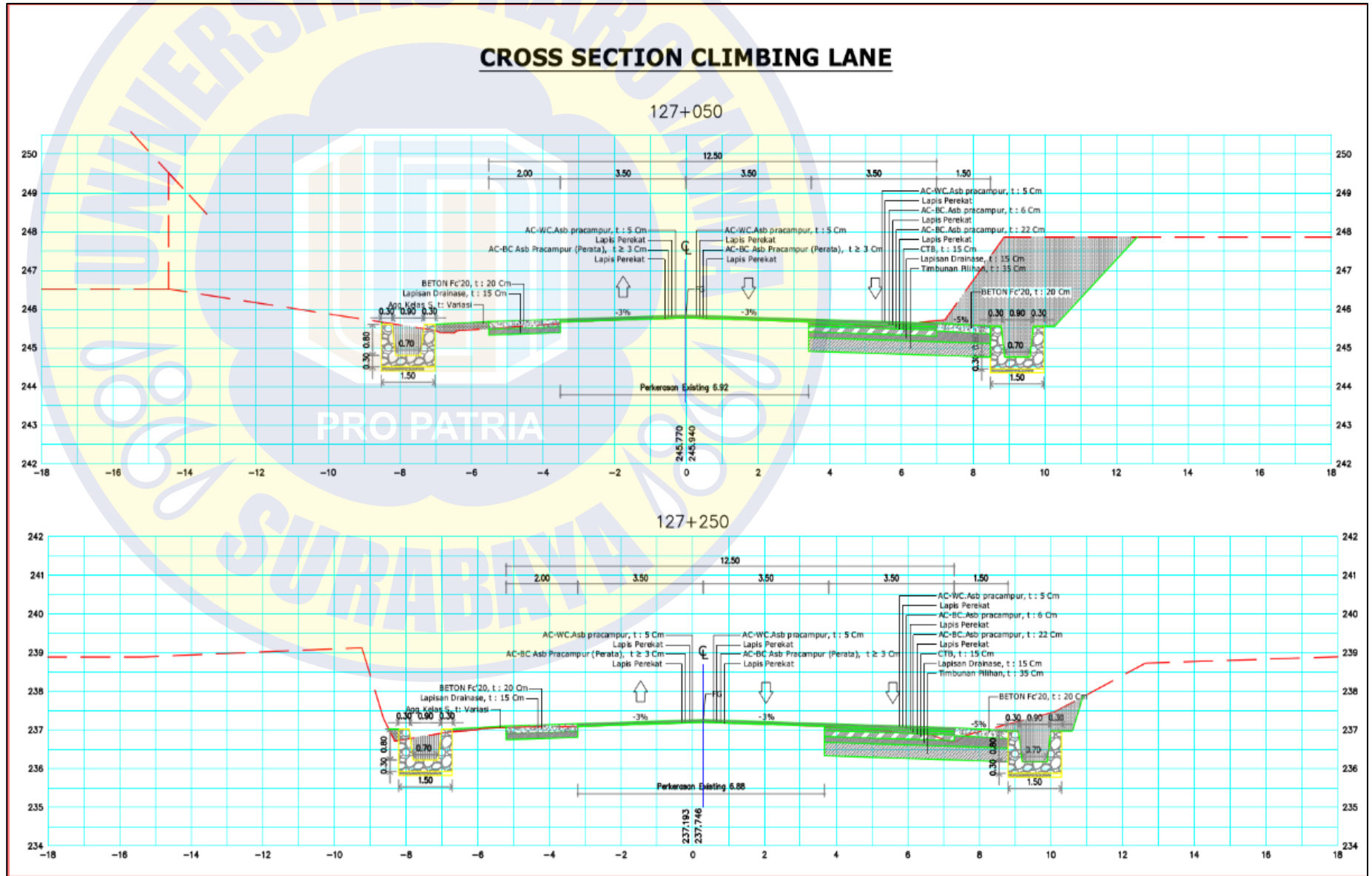
Gambar 4. 11. Long Section Climbing Lane Sta 131+450 Sampai 131+700



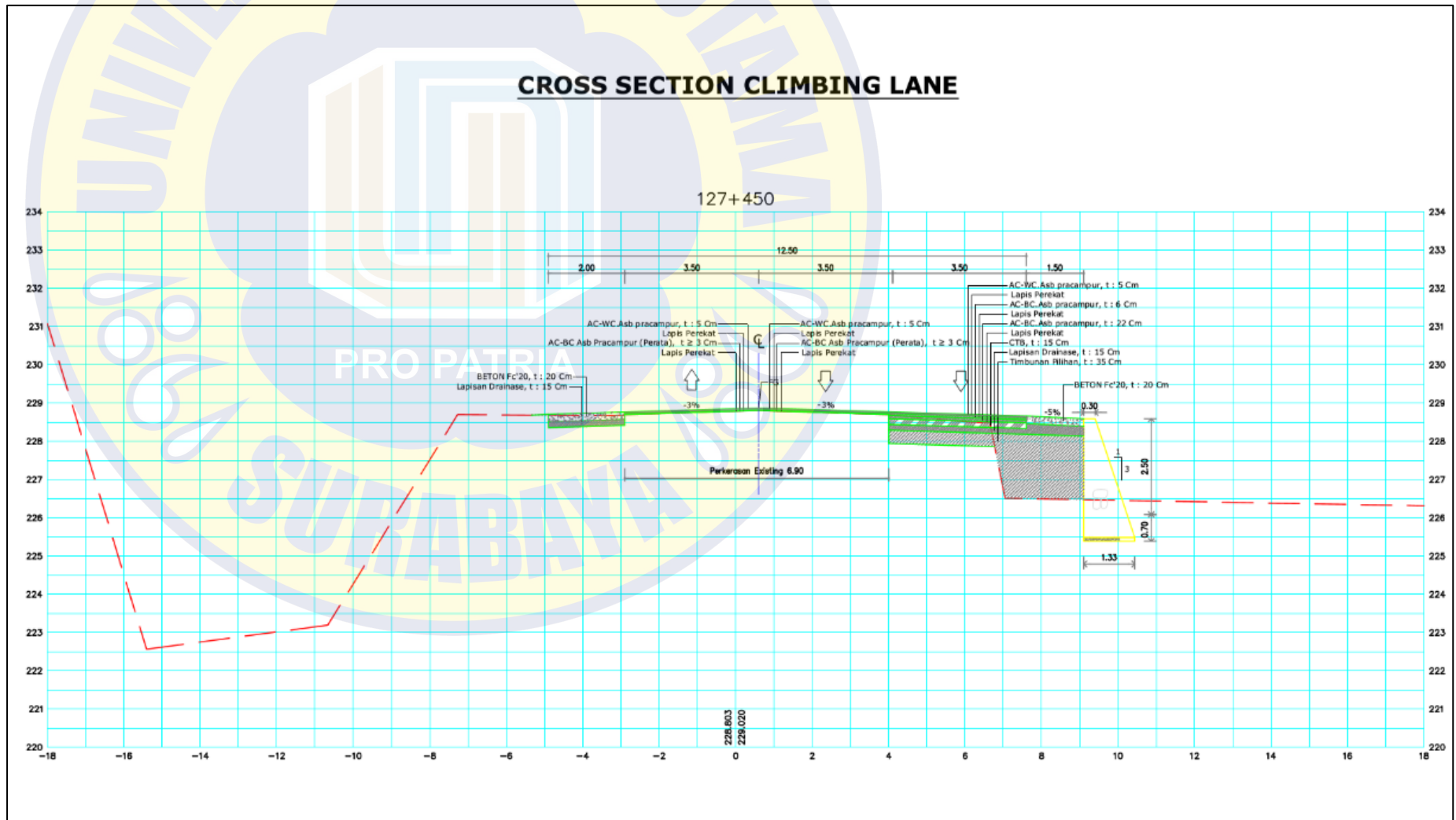
Gambar 4. 12. Long Section Climbing Lane Sta 131+700 Sampai 131+950



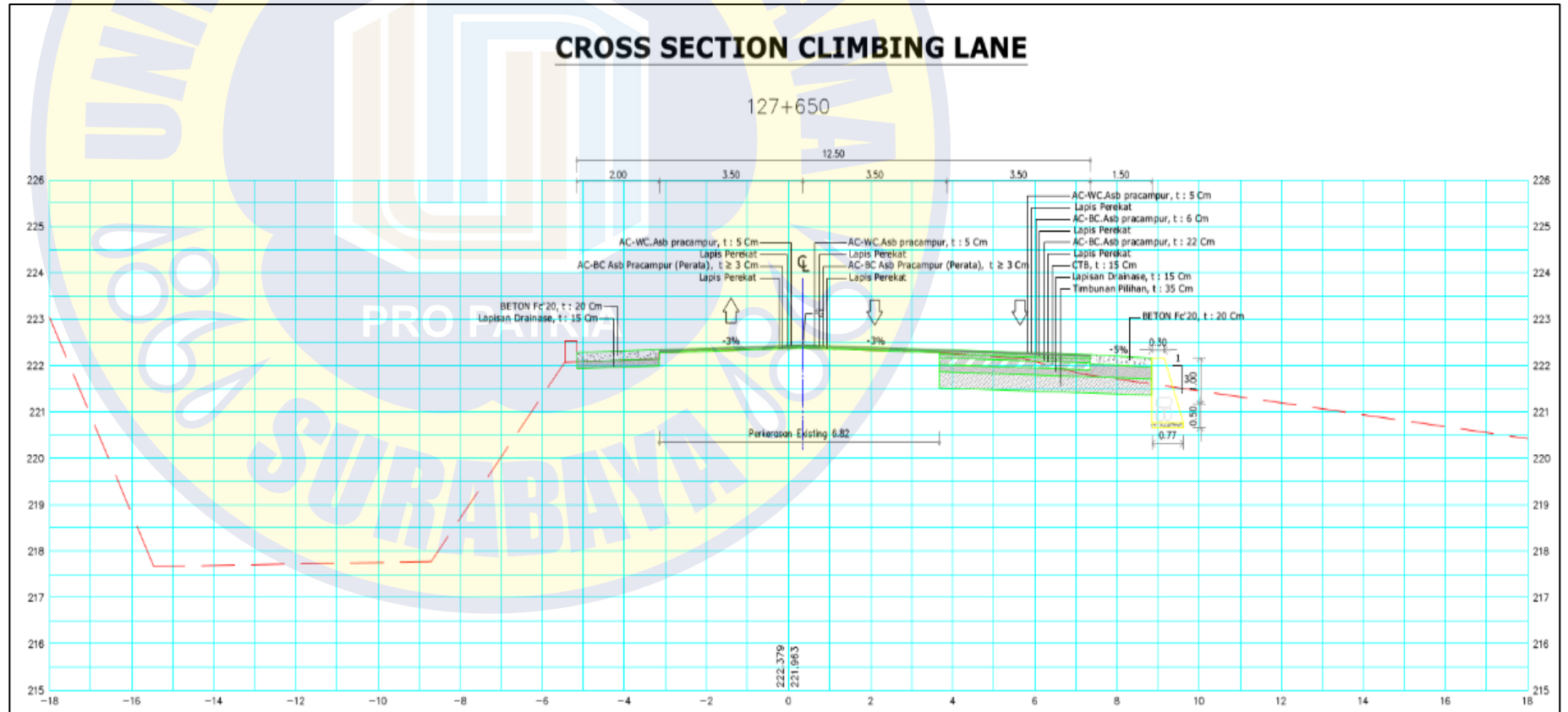
Gambar 4. 13. Long Section Climbing Lane Sta 131+950 Sampai 132+200



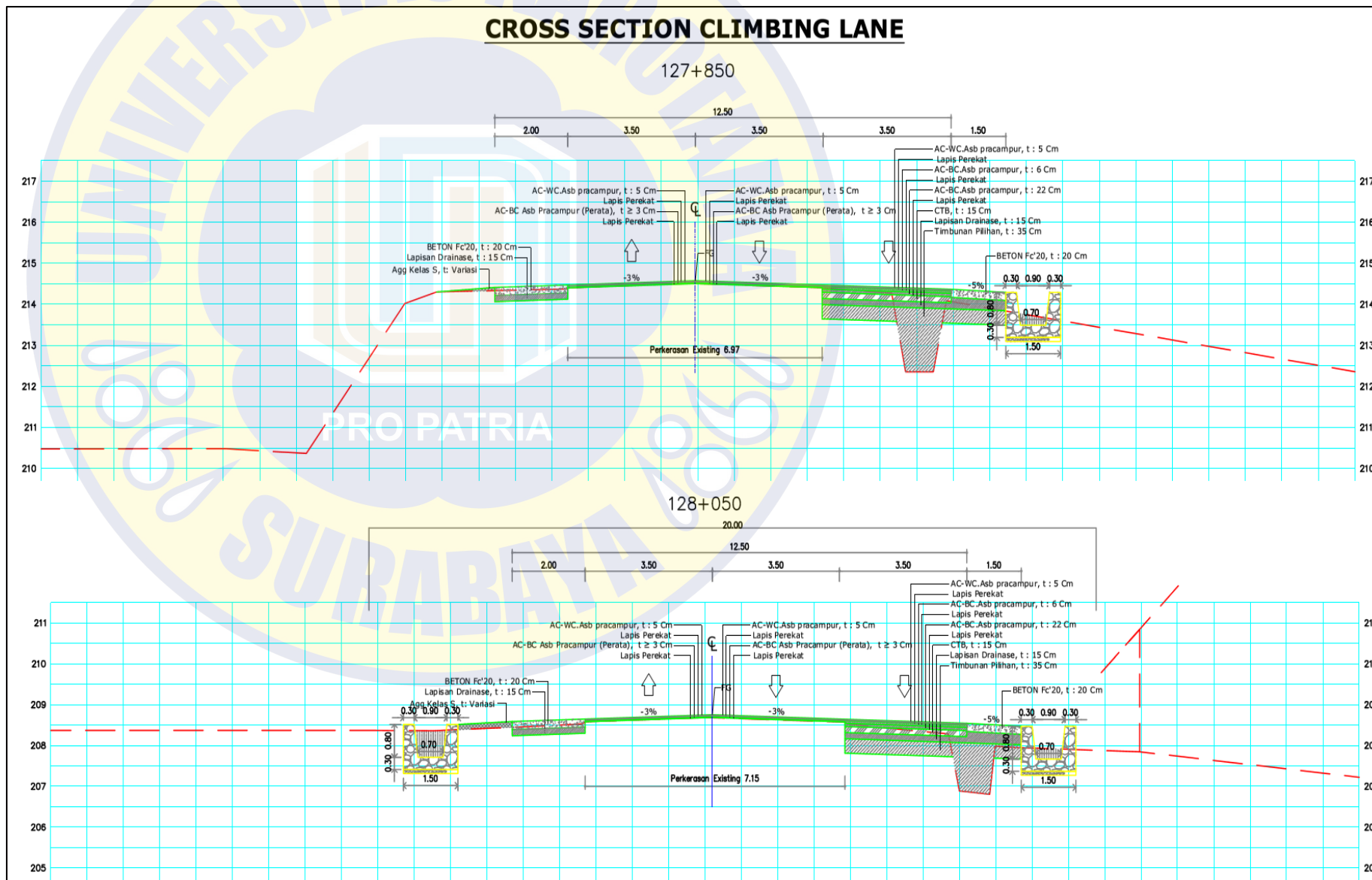
Gambar 4. 14. Cross Section Climbing Lane Sta 127+050 Dan 128+250



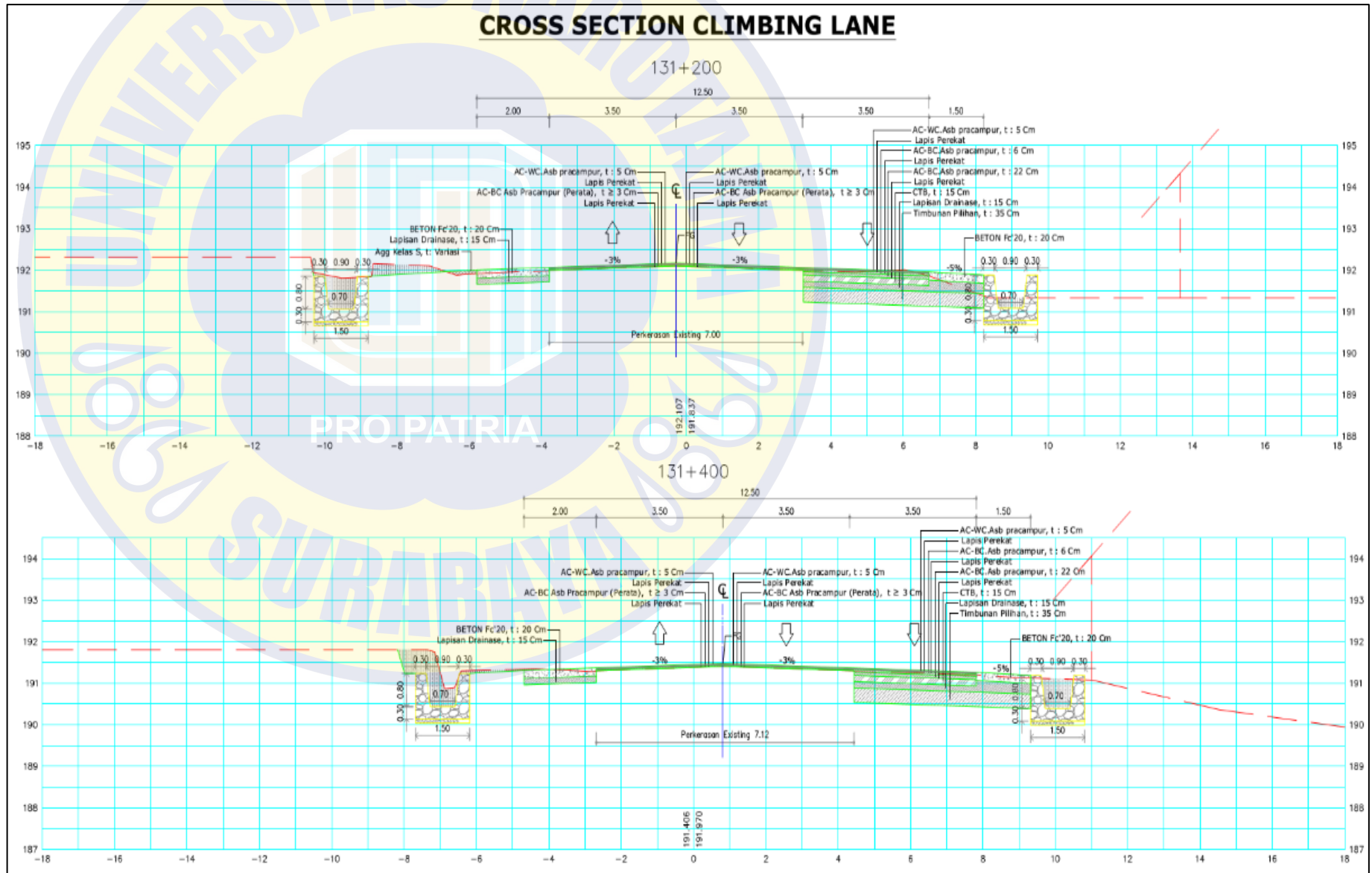
Gambar 4. 15. Cross Section Climbing Lane Sta 127+450



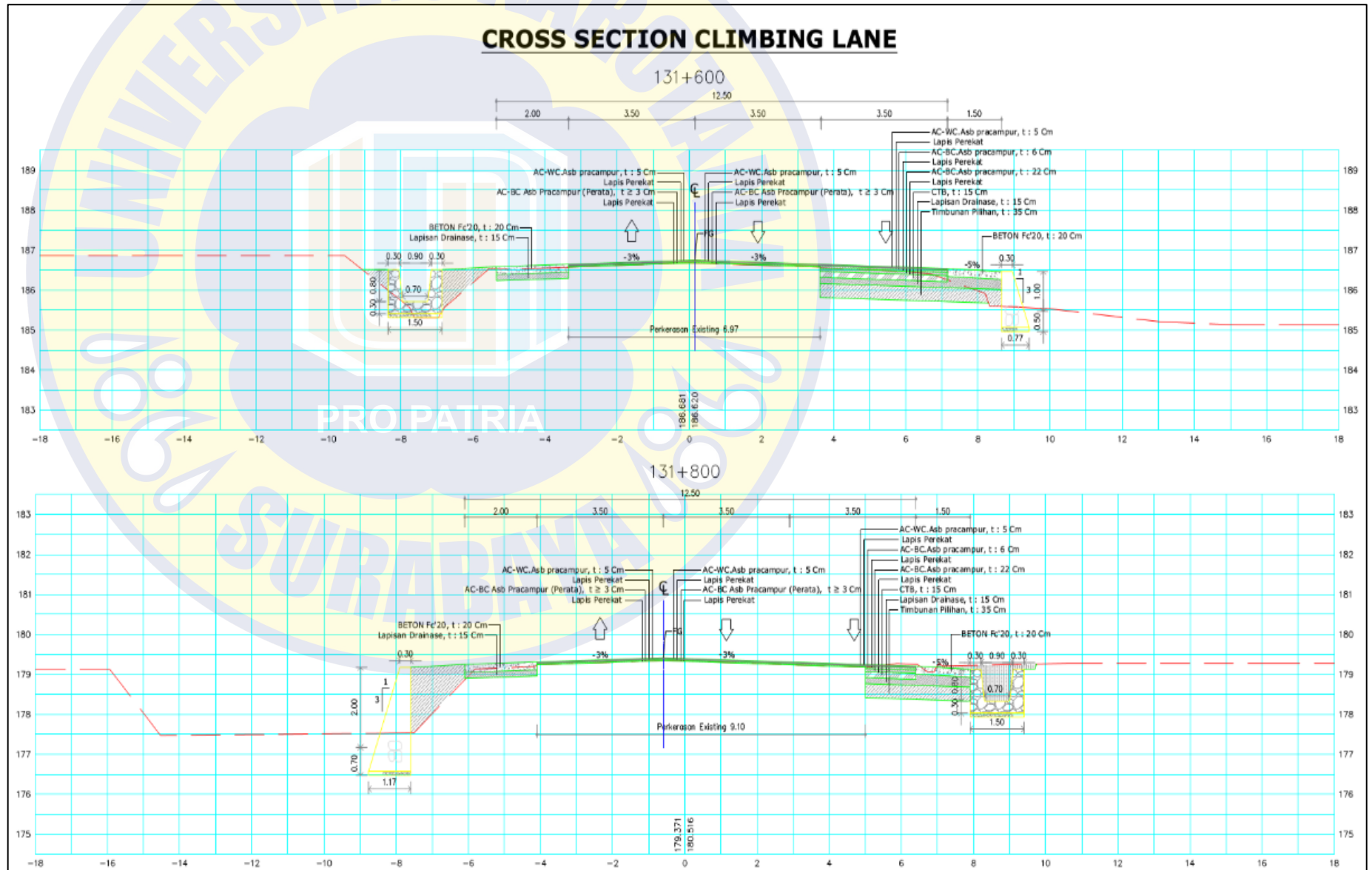
Gambar 4. 16. Cross Section Climbing Lane Sta 127+650



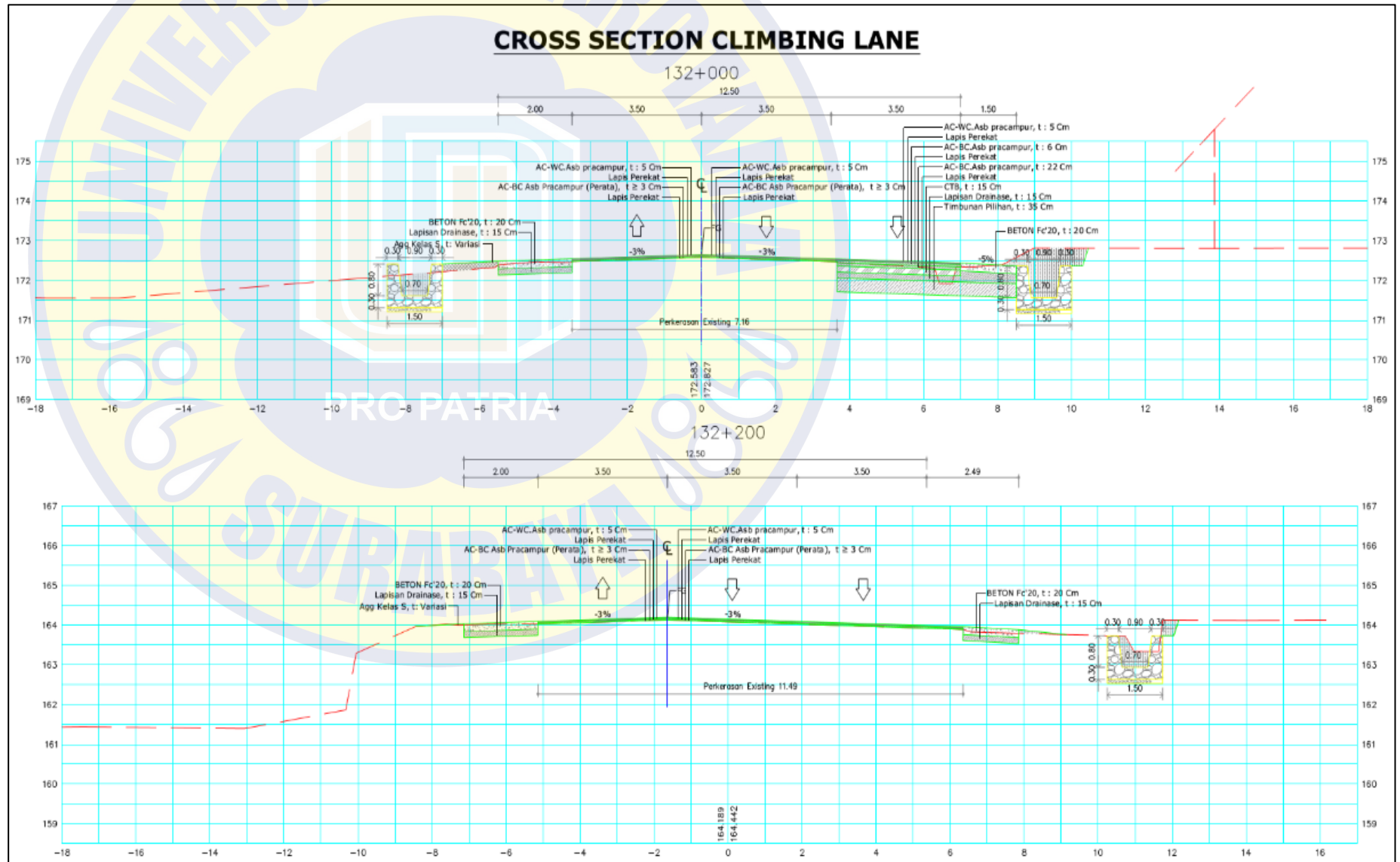
Gambar 4. 17. Cross Section Climbing Lane Sta 127+850 Dan 128+050



Gambar 4. 18. Cross Section Climbing Lane Sta 131+200 Dan 128+400



Gambar 4. 19. Cross Section Climbing Lane Sta 131+600 Dan 128+800



Gambar 4. 20. Cross Section Climbing Lane Sta 132+000 Dan 132+200