











# LAMPIRAN A

## Tabel A-1 Angka Praktis Plat Datar

176


**1 . . RECTANGULAR, SOLID**

a/b		1.0		1.1		1.2		1.3		1.4	
		K	K <sub>1</sub>	K	K <sub>1</sub>	K	K <sub>1</sub>	K	K <sub>1</sub>	K	K <sub>1</sub>
MANNER OF LOADING AND CASE NUMBER											
1	 All edges supported Uniform load over entire surface	0.044	0.29	0.053	0.33	0.062	0.38	0.070	0.42	0.077	0.48
2	 All edges supported Distributed load varying linearly along length	0.022	0.16	0.028	0.18	0.030	0.21	0.035	0.23	0.040	0.28
3	 All edges supported Distributed load varying linearly along breadth	0.022	0.16	0.026	0.18	0.031	0.21	0.035	0.23	0.038	0.28
4	All edges fixed Uniform load over entire surface	0.014	0.31	0.016	0.35	0.019	0.38	0.021	0.41	0.023	0.48
5	 Long edges fixed, short edges supported Uniform load over entire surface	0.021	0.420	0.023	0.44	0.24	0.46	0.025	0.47	0.026	0.48
6	 Short edges fixed, long edges supported Uniform load over entire surface	0.021	0.42	0.027	0.47	0.034	0.52	0.042	0.56	0.050	0.60
7	One long edge clamped, other three edges supported Uniform load over entire surface	0.030	0.50	0.033	0.54	0.038	0.58	0.040	0.61	0.042	0.62
8	One short edge clamped, other three edges supported Uniform load over entire surface	0.030	0.500	0.040	0.54	0.050	0.58	0.059	0.61	0.068	0.68
9	One short edge free, other three edges supported Uniform load over entire surface	0.140	0.67	0.146	0.72	0.15	0.74	0.15	0.75	0.16	0.78
10	 One short edge free, other three edges supported Distributed load varying linearly along length	0.040	0.20	0.041	0.22	0.045	0.24	0.047	0.26	0.048	0.28
11	 One long edge free, other three edges supported Uniform load over entire surface	0.14	0.67	0.13	0.62	0.12	0.57	0.12	0.52	0.11	0.58
12	 One long edge free, other three edges supported Distributed load varying linearly along length	0.040	0.20	0.039	0.19	0.036	0.18	0.035	0.18	0.033	0.18
13	 All edges supported Distributed load in form of a triangular prism	0.029	0.204	0.034	0.234	0.040	0.262	0.045	0.287	0.05	0.30

## LAMPIRAN B

Tabel B-1 Analisa Rangkaian Lintas Datar

	80	70	60	50	40	30	20	10	F lokomotif v = 60	F gerbong v = 60
1	8825.959	12462.954	16764.636	22223.702	29825.540	41869.391	65252.982	134464.936	133160.942	1434.222
2	7096.456	10891.637	15330.414	20905.483	28602.233	40719.904	64156.224	133399.815	133160.942	2868.444
3	5366.953	9320.320	13896.192	19587.264	27378.926	39570.418	63059.466	132334.694	133160.942	4302.666
4	3637.450	7749.003	12461.970	18269.046	26155.619	38420.931	61962.708	131269.574	133160.942	5736.888
5	1907.947	6177.687	11027.748	16950.827	24932.312	37271.444	60865.950	130204.453	133160.942	7171.110
6	178.444	4606.370	9593.526	15632.608	23709.005	36121.957	59769.192	129139.332	133160.942	8605.332
7	-1551.059	3035.053	8159.304	14314.389	22485.698	34972.471	58672.434	128074.211	133160.942	10039.554
8	-3280.562	1463.736	6725.082	12996.171	21262.391	33822.984	57575.676	127009.091	133160.942	11473.776
9	-5010.065	-107.580	5290.860	11677.952	20039.084	32673.497	56478.918	125943.970	133160.942	12907.998
10	-6739.568	-1678.897	3856.638	10359.733	18815.777	31524.010	55382.160	124878.849	133160.942	14342.220

Tabel B-2 Analisa Rangkaian Lintas Tanjakan

	80	70	60	50	40	30	20	10	F lokomotif v=30	F gerbong v=30
1	3745.959	7382.954	11684.636	17143.702	24745.540	36789.391	60172.982	129384.936	131628.545	2869.487
2	296.456	4091.637	8530.414	14105.483	21802.233	33919.904	57356.224	126599.815	131628.545	5738.974
3	-3153.047	800.320	5376.192	11067.264	18858.926	31050.418	54539.466	123814.694	131628.545	8608.460
4	-6602.550	-2490.997	2221.970	8029.046	15915.619	28180.931	51722.708	121029.574	131628.545	11477.947
5	-10052.053	-5782.313	-932.252	4990.827	12972.312	25311.444	48905.950	118244.453	131628.545	14347.434
6	-13501.556	-9073.630	-4086.474	1952.608	10029.005	22441.957	46089.192	115459.332	131628.545	17216.921
7	-16951.059	-12364.947	-7240.696	-1085.611	7085.698	19572.471	43272.434	112674.211	131628.545	20086.407
8	-20400.562	-15656.264	-10394.918	-4123.829	4142.391	16702.984	40455.676	109889.091	131628.545	22955.894
9	-23850.065	-18947.580	-13549.140	-7162.048	1199.084	13833.497	37638.918	107103.970	131628.545	25825.381
10	-27299.568	-22238.897	-16703.362	-10200.267	-1744.223	10964.010	34822.160	104318.849	131628.545	28694.868

Tabel B-3 Analisa Rangkaian Lintas Tikungan

	80	70	60	50	40	30	20	10	F lokomotif v=60	F gerbong v=60
1	7979.292	11616.287	15917.970	21377.035	28978.873	41022.725	64406.315	133618.269	132600.942	1720.889
2	5963.123	9758.303	14197.081	20332.150	27468.899	39586.571	63022.890	132266.482	132600.942	3441.777
3	3946.953	7900.320	12476.192	18167.264	25958.926	38150.418	61639.466	130914.694	132600.942	5162.666
4	1930.783	6042.337	10755.304	16562.379	24448.952	36714.264	60256.041	129562.907	132600.942	6883.555
5	-85.386	4184.353	9034.415	14957.494	22938.978	35278.111	58872.616	128211.120	132600.942	8604.443
6	-2101.556	2326.370	7313.526	13352.608	21429.005	33841.957	57489.192	126859.332	132600.942	10325.332
7	-4117.726	468.386	5592.638	11747.723	19919.031	32405.804	56105.767	125507.545	132600.942	12046.221
8	-6133.895	-1389.597	3871.749	10142.837	18409.057	30969.651	54722.342	124155.757	132600.942	13767.109
9	-8150.065	-3247.580	2150.860	8537.952	16899.084	29533.497	53338.918	122803.970	132600.942	15487.998
10	-10166.235	-5105.564	429.972	6933.066	15389.110	28097.344	51955.493	121452.182	132600.942	17208.887

Tabel B-4 Analisa Rangkaian Dengan Percepatan

	80	70	60	50	40	30	20	10	F lokomotif v=60	F gerbong v=50
1	6834.133	10471.127	14772.810	20231.875	27833.713	39877.565	63261.155	132473.109	133151.865	1991.929
2	4430.232	8225.412	12664.190	18239.259	25936.008	38053.680	61489.999	130733.591	133151.865	3983.858
3	2026.331	5979.698	10555.570	16246.642	24038.303	36229.795	59718.843	128994.072	133151.865	5975.788
4	-377.570	3733.983	8446.950	14254.025	22140.598	34405.911	57947.687	127254.553	133151.865	7967.717
5	-2781.471	1488.268	6338.330	12261.408	20242.893	32582.026	56176.531	125515.034	133151.865	9959.646
6	-5185.372	-757.447	4229.710	10268.792	18345.188	30758.141	54405.375	123775.516	133151.865	11951.575
7	-7589.273	-3003.161	2121.090	8276.175	16447.483	28934.256	52634.219	122035.997	133151.865	13943.505
8	-9993.174	-5248.876	12.470	6283.558	14549.778	27110.372	50863.063	120296.478	133151.865	15935.434
9	-12397.075	-7494.591	-2096.150	4290.942	12652.073	25286.487	49091.907	118556.960	133151.865	17927.363
10	-14800.976	-9740.305	-4204.770	2298.325	10754.368	23462.602	47320.751	116817.441	133151.865	19919.292

Tabel B-5 Analisa Rangkaian Dengan Kombinasi Tahanan Total

	80	70	60	50	40	30	20	10	F lokomotif v=30	F gerbong v=20
1	907.466	4544.460	8846.143	14305.209	21907.046	33950.898	57334.488	126546.443	138117.904	3777.823
2	-3503.102	292.079	4730.856	10305.925	18002.675	30120.347	53556.666	122800.257	138117.904	7555.645
3	-7913.669	-3960.302	615.570	6306.642	14098.303	26289.795	49778.843	119054.072	138117.904	11333.468
4	-12324.237	-8212.684	-3499.717	2307.359	10193.932	22459.244	46001.021	115307.887	138117.904	15111.291
5	-16734.805	-12465.065	-7615.003	-1691.925	6289.560	18628.692	42223.198	111561.701	138117.904	18889.113
6	-21145.372	-16717.447	-11730.290	-5691.208	2385.188	14798.141	38445.375	107815.516	138117.904	22666.936
7	-25555.940	-20969.828	-15845.577	-9690.492	-1519.183	10967.590	34667.553	104069.330	138117.904	26444.758
8	-29966.507	-25222.209	-19960.863	-13689.775	-5423.555	7137.038	30889.730	100323.145	138117.904	30222.581
9	-34377.075	-29474.591	-24076.150	-17689.058	-9327.927	3306.487	27111.907	96576.960	138117.904	34000.404
10	-38787.643	-33726.972	-28191.437	-21688.342	-13232.298	-524.064	23334.085	92830.774	138117.904	37778.226

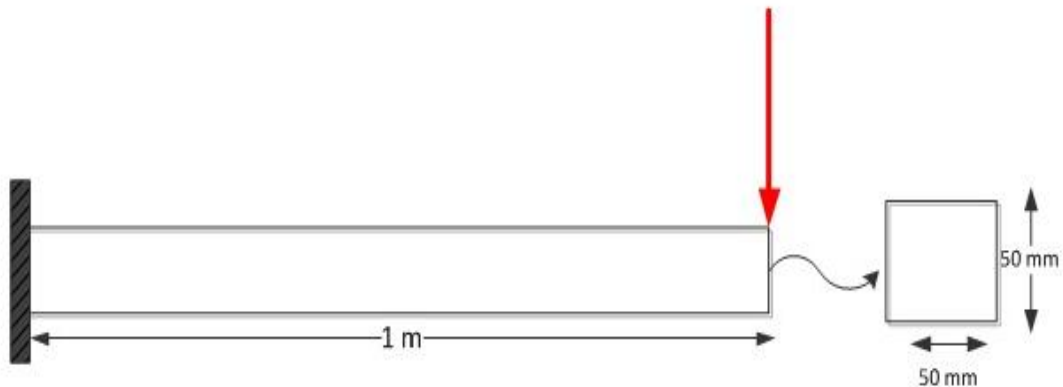
**LAMPIRAN C**  
**VALIDASI PROGRAM (*BENCHMARK*)**

Validasi program dilakukan untuk mengecek program yang digunakan untuk menganalisa struktur gerbong. Dalam hal ini dilakukan analisa pada *beam cantilever* sederhana yang diberi beban tekan pada salah satu ujung *beam* searah dengan sumbu vertikal.

A. Contoh Masalah

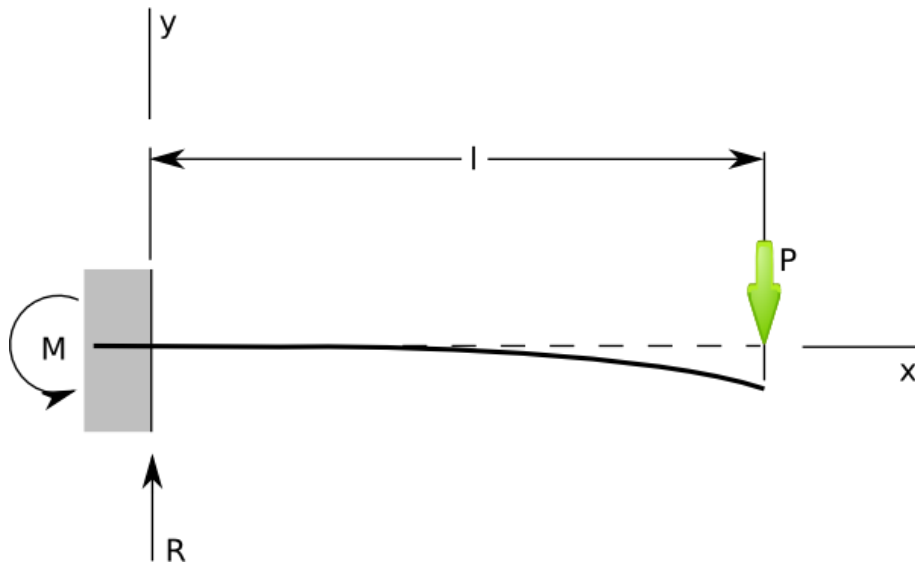
Sebuah *rectangular beam* dengan massa jenis  $7.86 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$  diberi gaya sebesar 100 N pada ujung *beam* searah dengan sumbu vertikal. Seperti pada gambar, panjang *beam* 1000 mm dan berbentuk kotak dengan ukuran 50 x 50 mm. *Beam* merupakan steel dengan modulus elastisitas  $2.07 \times 10^5 \text{ MPa}$  dan kekuatan luluhnya 245 MPa. ( $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ ).

Tentukan tegangan maksimum dan defleksi maksimum ?



Gambar 1 Contoh kasus *beam cantilever*

## B. Perhitungan manual



Gambar 2 Diagram benda bebas *beam cantilever*

### 1. Tegangan maksimum

Rumus tegangan secara umum dituliskan:

$$\sigma = \frac{1}{2} x \frac{F L x 0.5 h}{I}$$

Dimana:

$\sigma$  = Tegangan

$F$  = Gaya

$L$  = Panjang *Beam*

$I$  = Inersia Penampang

$h$  = Tinggi *Beam*

$$\begin{aligned} \text{Inersia penampang } beam &= \frac{1}{12} b h^3 \\ &= \frac{1}{12} 50 x 50^3 \\ &= 520833.33 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan maksimum yang terjadi} &= \frac{1}{2} x \frac{100 x 1000 x 25}{520833.33} \\ &= 4.8 \text{ MPa} \end{aligned}$$



## 2. Defleksi maksimum

Rumus umum regangan:

$$y_{maks} = -\frac{1}{3} \frac{F L^3}{E I}$$

Dimana:

$y_{maks}$  = Defleksi

$E$  = Modulus elastisitas

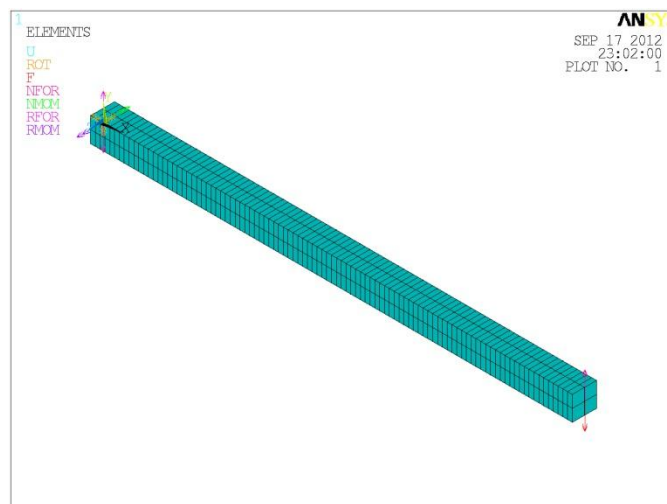
$$\text{Defleksi maksimum} = -\frac{1}{3} \frac{100 \times 1000^3}{2.07 \times 10^5 \times 520833.33} = 0.3091 \text{ mm}$$

Dari perhitungan manual maka diperoleh :

Tegangan maksimum	4.8 MPa
Defleksi maksimum	0.3091 mm

## C. Analisa dengan program *ANSYS Mechanical APDL*

Analisa dari contoh masalah diatas dilakukan dengan menggunakan program *ANSYS Mechanical APDL*, dalam hal ini cara yang dilakukan sama dengan analisa pada struktur gerbong, yaitu dengan penggunaan atau pemilihan *element BEAM189* dan pemberian *section* sebesar 50 x 50 mm. Solusi yang dipakai juga sama, yaitu dengan memberikan *constraint* dan gaya pada nodal. Gambar berikut adalah pemodelan contoh masalah yang digunakan sebagai validasi analisa struktur gerbong.

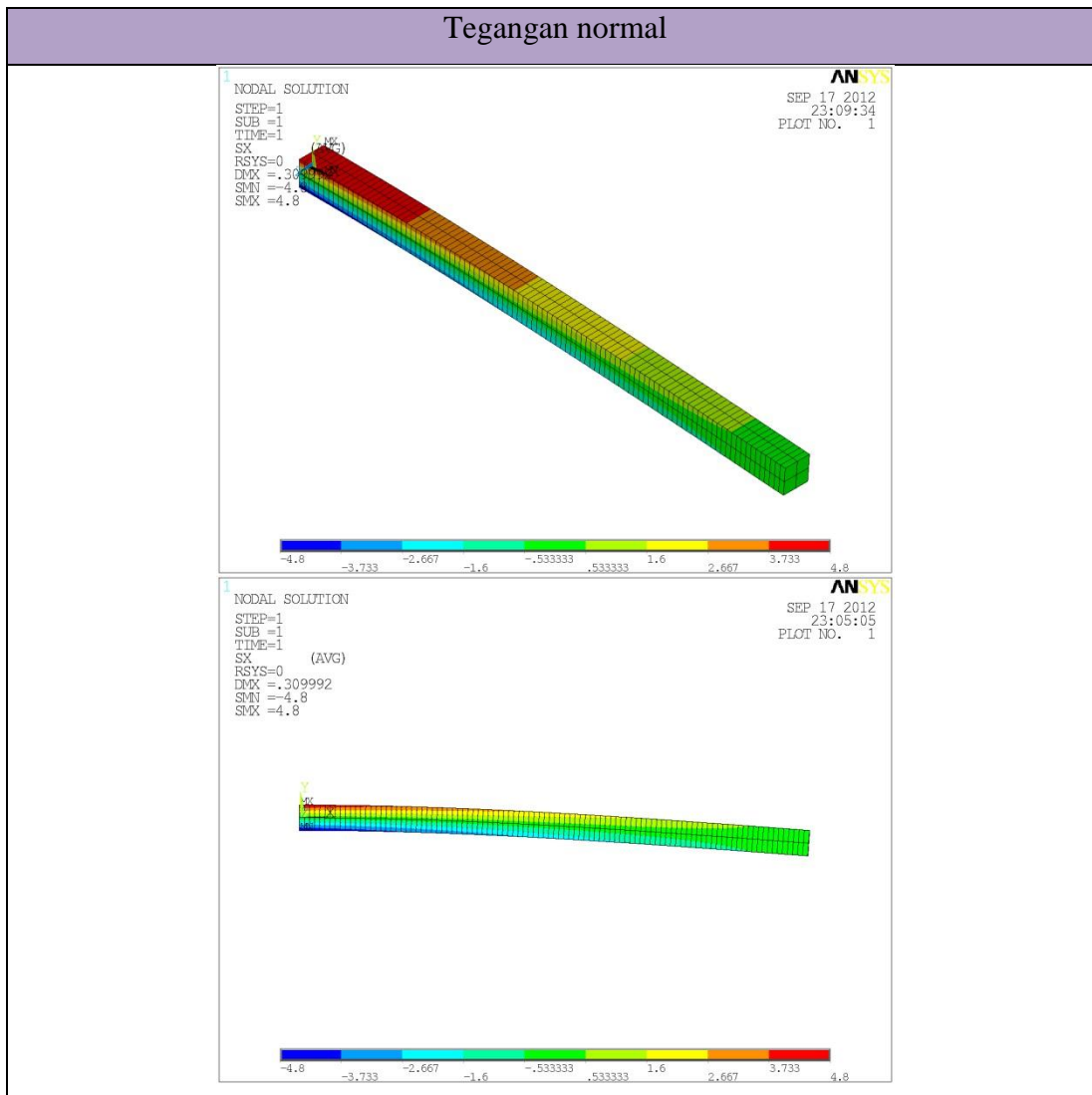


Gambar 3 Pemodelan contoh masalah dengan ANSYS

Berikut adalah material properties yang diinput:

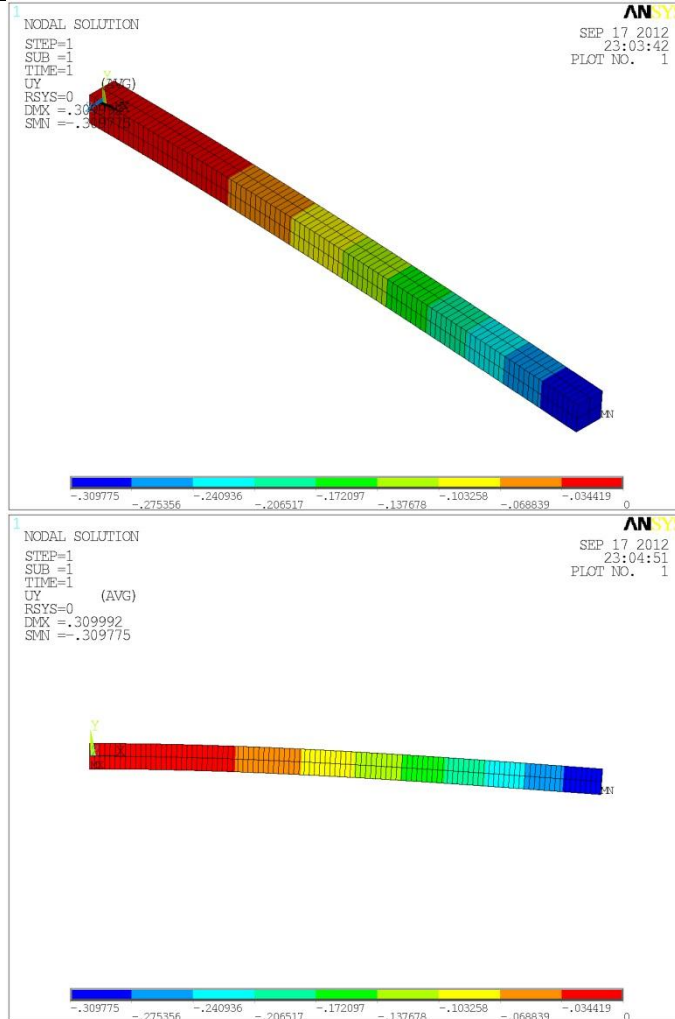
Sifat material	Beam
Massa jenis	$7.860 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$
Modulus elastisitas	$2.07 \times 10^5 \text{ MPa}$
Yield strength	245 MPa
Poison rasio	0.3

Berikut adalah hasil *ploting* simulasi sederhana:



Tegangan normal *beam* terjadi pada ujung beam yang di-*constraint* = 4.8 MPa

Defleksi



Defleksi maksimum yang terjadi pada *beam* = 0.309775 mm

Rekapitulasi hasil analisa contoh masalah dengan perhitungan manual dan hasil dari program:

	Manual	Program	Margin Error
Tegangan maksimum	4.8 MPa	4.8 MPa	0 %
Defleksi maksimum	0.309178 mm	0.309775 mm	0.002 %

#### D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil validasi program diatas, dapat disimpulkan software *ANSYS Mechanical APDL* dapat dipakai untuk menganalisa tegangan dan defleksi yang terjadi pada suatu struktur akibat pembebanan statis karena memiliki *margin error* yang sangat kecil (hampir mendekati nol). Oleh karena itu, pemodelan dan analisa struktur dengan menggunakan *software* ini sangat dianjurkan, khususnya struktur yang bersifat *massive*. Selain *margin error* yang kecil, software *ANSYS Mechanical APDL* memiliki keunggulan sebagai berikut:

1. Memiliki berbagai jenis elemen dari garis (*line*), permukaan (*shell*), sampai pejal (*solid*) dengan derajat kebebasan yang berbeda-beda, tergantung jenis analisa yang akan dilakukan.
2. Terdapat bermacam-macam analisa yang dapat dilakukan, sehingga mampu memprediksi berbagai macam masalah yang akan timbul pada suatu struktur.
3. Material yang di-*input* dapat diatur sesuai dengan yang diinginkan, sehingga mempermudah dalam menganalisa.
4. Memiliki *output* yang lengkap, baik data maupun visualisasi hasil analisa.
5. Untuk spesifikasi pada komputer, *ANSYS Mechanical APDL* lebih ringan dalam hal kinerja dan jumlah pemakaian RAM (*Random Access Memory*).