

**SK6093/94**  
**PENELITIAN MANDIRI**

**LAPORAN PENELITIAN**

**STUDI EFEK RETAK PADA FREKUENSI NATURAL STRUKTUR  
CANTILEVER BEAM BERPENAMPANG T, I DAN H**

**MEI 2022**

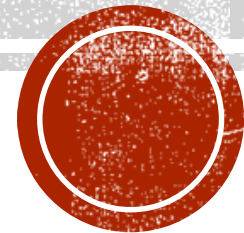
Alief Sadlie Kasman

20921011

Program Studi Magister Sains Komputasi

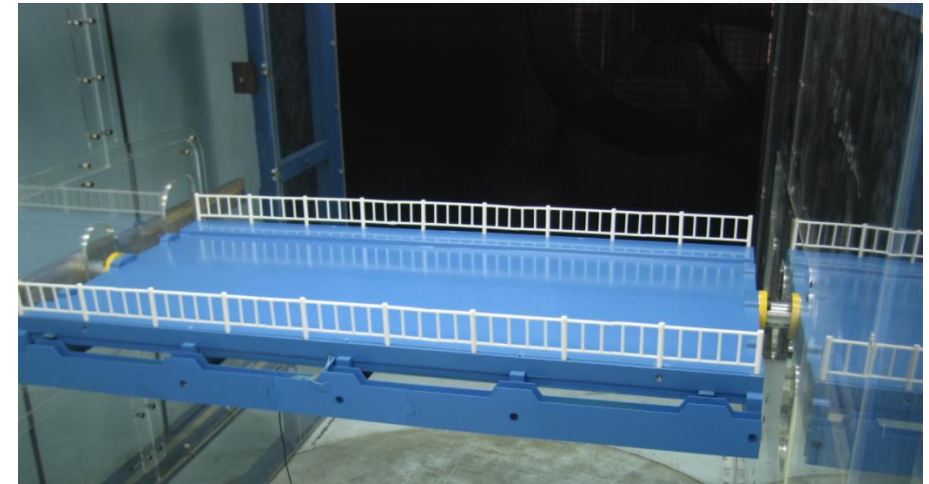
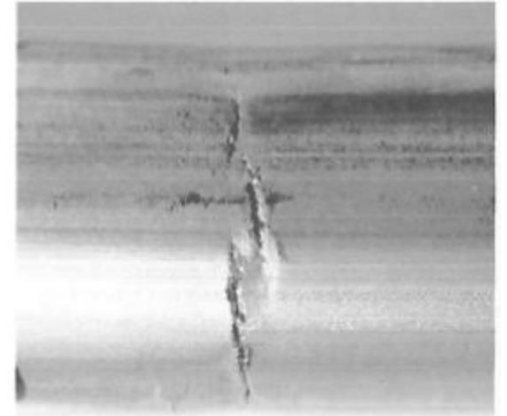
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Institut Teknologi Bandung



# LATAR BELAKANG

Semua model uji memiliki ketidaksempurnaan, baik akibat proses manufaktur *machining*, *handling* maupun akibat bawaan material penyusunnya



# LATAR BELAKANG (LANJUTAN)

*Flutter* adalah salah satu fenomena aeroelastisitas yang penting, yaitu fenomena getaran yang mengakibatkan sayap pesawat terbang “mengepak” seperti sayap burung, hal ini diakibatkan karena kombinasi efek kekakuan struktur sayap, aerodinamika serta inersia (berat) dari struktur.

Tidak hanya pada sayap pesawat, *flutter* juga bisa terjadi pada struktur bangunan, kabel listrik, jembatan, plang-plang di jalan dan lain-lain. Fenomena ini terjadi karena aliran udara yang mengalir di sekitar struktur “bergetar” (getaran ini sering kita amati seperti suara orang bersiul pada suatu struktur), dan frekuensi getaran dari aliran tersebut sama atau mendekati dari Frekuensi Natural struktur sehingga terjadi resonansi. Resonansi yang terjadi tersebut dapat mengakibatkan struktur bergetar hebat bahkan hingga patah atau runtuh.





# STUDI LITERATUR

## Retak pada struktur berpengaruh pada nilai Natural Frekuensi

(Ahiwale, D., Madake, H., Phadtare, N., Jarande, A., & Jambhale, D. (2022). Modal analysis of cracked cantilever beam using ANSYS Software. Materials Today: Proceedings. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.01.055>)

Kumar, M.K., Pasha, M.A., Khan, M.A. and Nagaraju, C.N., 2018. Modal Analysis of a Cracked Cantilever Beam Using ANSYS Workbench. International Journal of Prevention and Control of Industrial Pollution, 4(1), pp.24-30.

P.M. Jagdale, M.A. Chakrabarti, Free vibration analysis of cracked beam, Int. J. Eng. Res. Appl. 3 (2013) 1172-1176.

P.Y. Ghodke, D.H. Tupe, G.R. Gandhe, Modal analysis of cracked continuous beam using ANSYS, Int. Res. J. Eng. Technol. 4 (2017) 86-93 Orhan

Md. Shumon Miaa, Md. Shahidul Islamb, Udayan Ghoshc, Modal analysis of cracked cantilever beam by finite element simulation, Procedia Eng. 194 (2017) 509-516

C. Ramachandran, R. Ponnudurai, Modal analysis of beam with varying crack depth, Int. Re. J. Eng. Techno. 4 (2017) 452-458

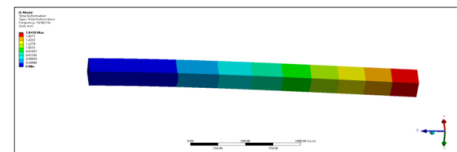
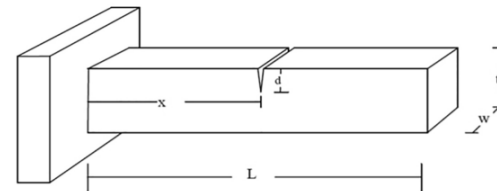


Fig. 2. Uncracked cantilever beam frequency in mode 1.

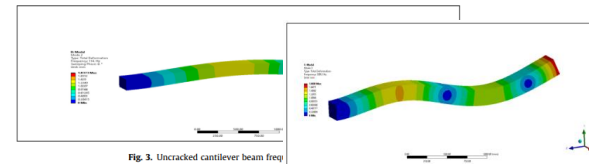


Fig. 3. Uncracked cantilever beam freq

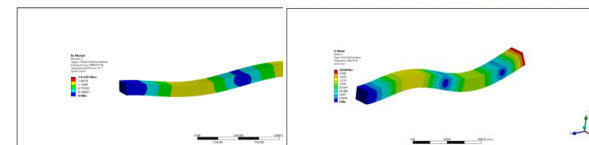


Fig. 4. Uncracked cantilever beam freq

Fig. 6. Mode shape 3 for the crack 1.5 m from the fixed end in the beam's top edge.

Fig. 7. Mode shape 3 for the crack 1.5 m from the fixed end in the beam's middle edge.

Fig. 8. Mode shape 3 for the crack 1.5 m from the fixed end in the beam's bottom edge.

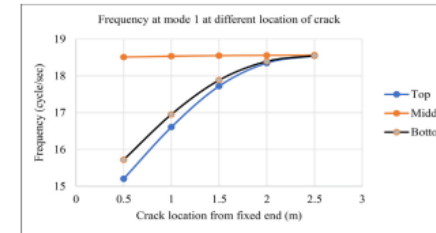


Fig. 9. Natural frequency at mode 1 for cracks in different positions on the beam.

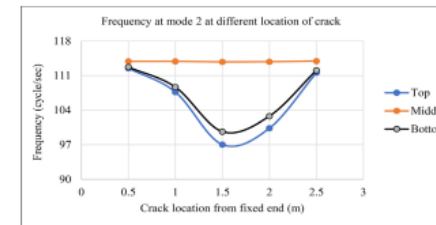


Fig. 10. Natural frequency at mode 2 for cracks in different positions on the beam.

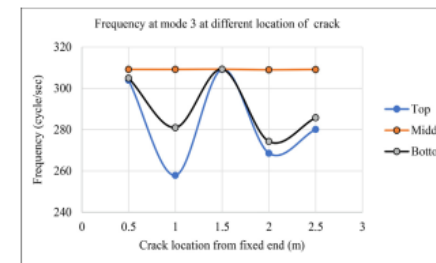


Fig. 11. Natural frequency at mode 3 for cracks in different positions on the beam.

Table 2  
Frequency in different crack location for mode 1, 2 and 3.

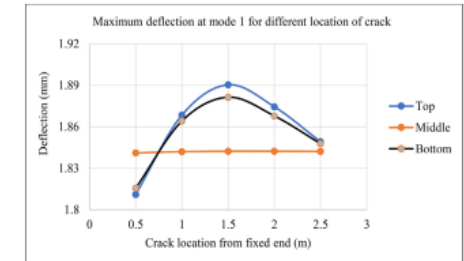


Fig. 12. Maximum deflection at mode 1 for cracks in different positions on the beam.

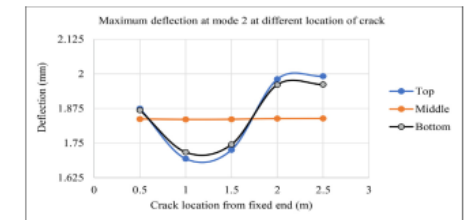


Fig. 13. Maximum deflection at mode 2 for cracks in different positions on the beam.

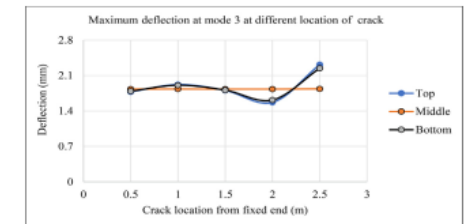


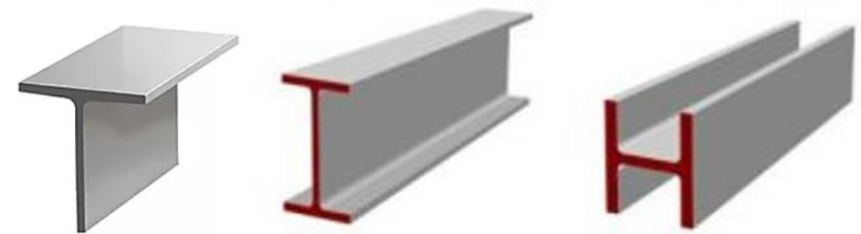
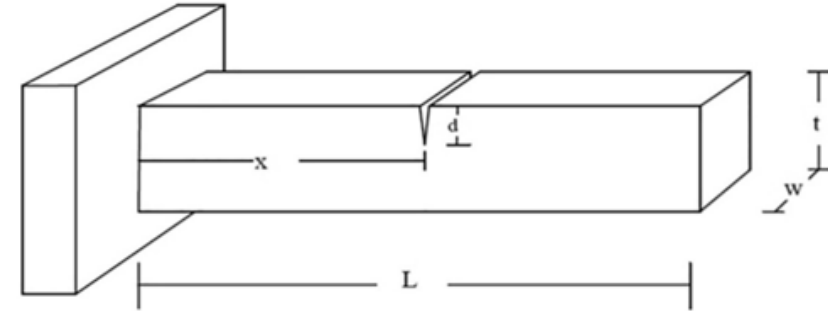
Fig. 14. Maximum deflection at mode 3 for cracks in different positions on the beam.



# TUJUAN

Studi-studi sebelumnya pada umumnya berfokus pada struktur cantilever beam dengan penampang persegi.

Penelitian ini berfokus mengetahui pengaruh retak pada frekuensi Natural pada Cantilever beam dengan penampang berbentuk T, I dan H. Studi juga dilakukan dengan melakukan variasi posisi, bentuk maupun kedalaman dari retak.



# METODOLOGI

Untuk dapat melakukan analisis elemen hingga pada struktur cantilever beam dengan penampang tertentu, maka dilakukan beberapa tahap yaitu dengan mendefinisikan kondisi model, permodelan, serta analisis studi parametrik.

## - Kondisi Model

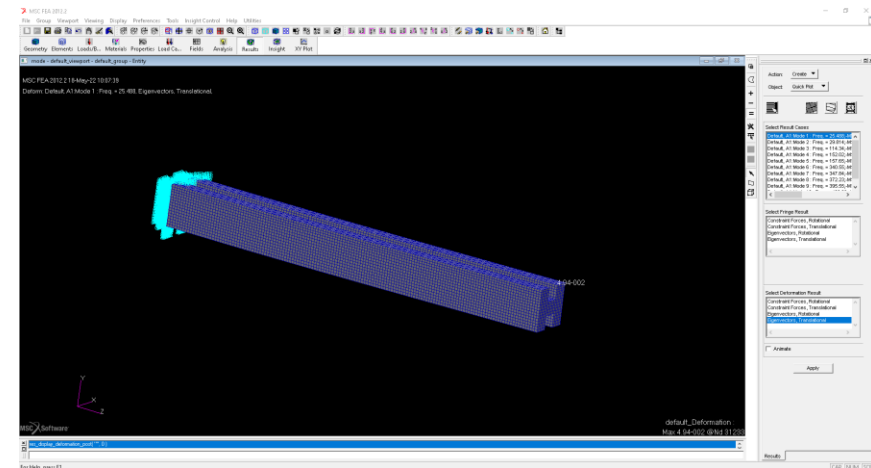
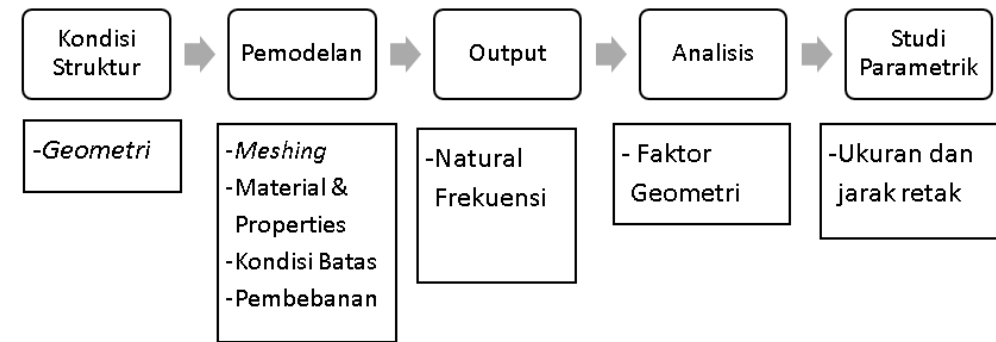
Pada tahap ini, bentuk penampang struktur cantilever beam ditentukan. Dimana direncanakan akan menggunakan penampang T, I dan H

## - Pemodelan

Pada tahap ini, pembuatan model struktur dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak MSC Patran Nastran. Didalamnya kemudian didefinisikan *meshing* yang digunakan, properties material, pembebanan serta kondisi batas. Outputnya diharapkan memberikan hasil berupa nilai frekuensi natural yang terjadi. Diambil 3 mode shapes bending awal sebagai keluaran.

## - Studi Parametrik

Studi parametrik dilakukan dengan membandingkan pengaruh ukuran dan jarak retak terhadap hasil yang diperoleh untuk setiap penampang cantilever beam yang dimodelkan.

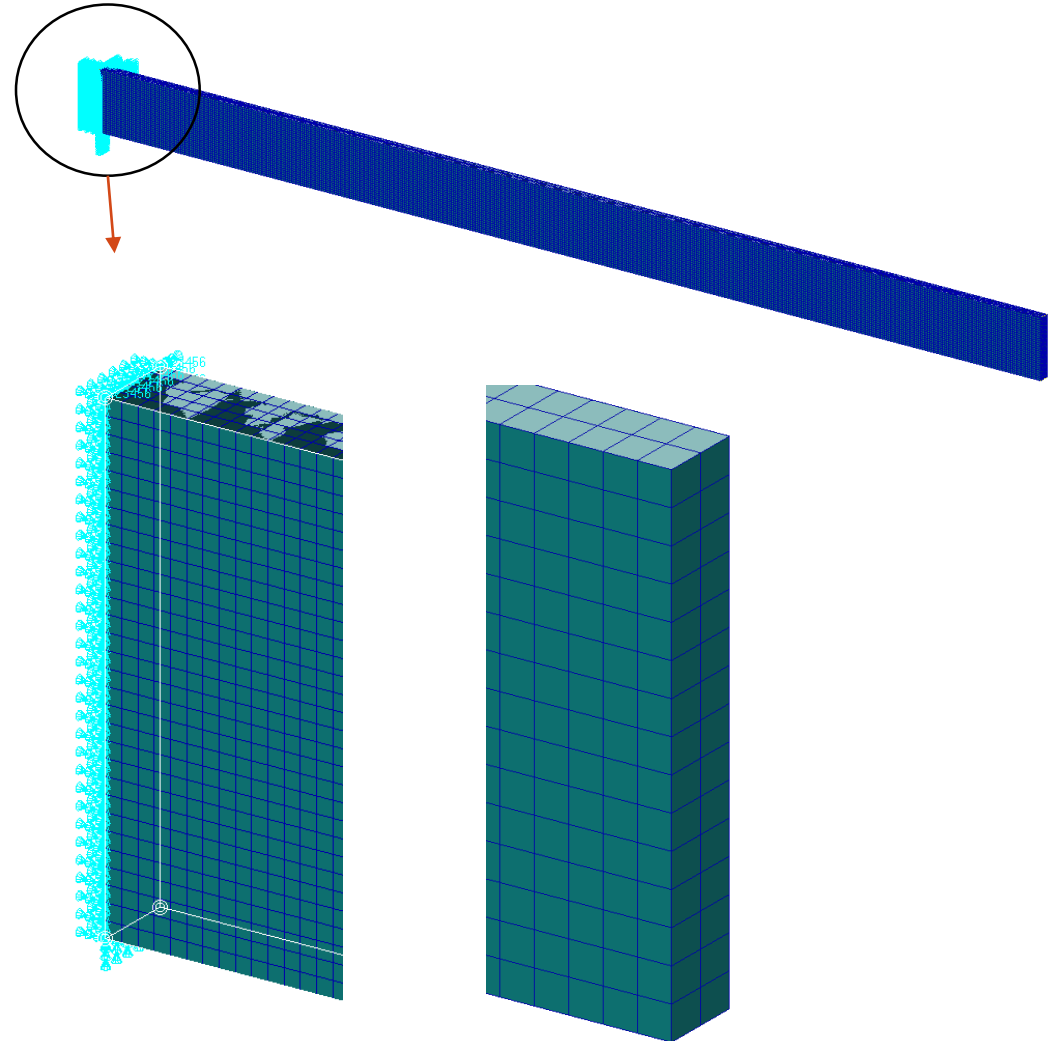


# BATASAN MODEL

- Properti material

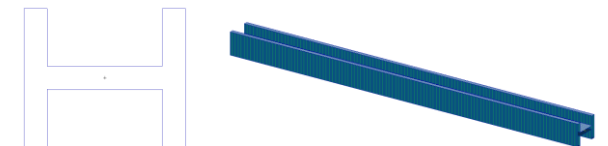
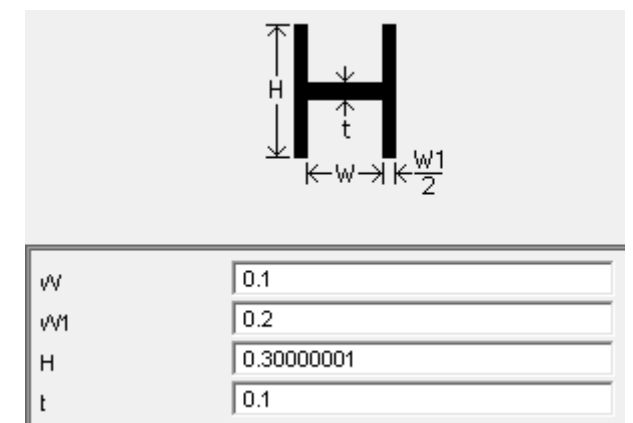
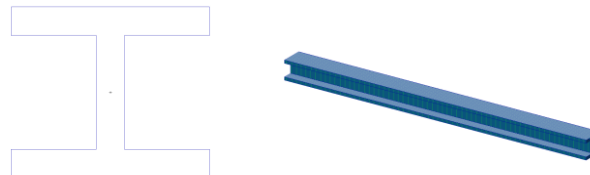
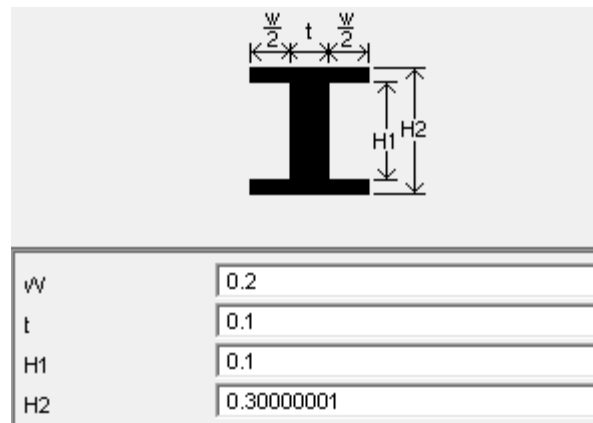
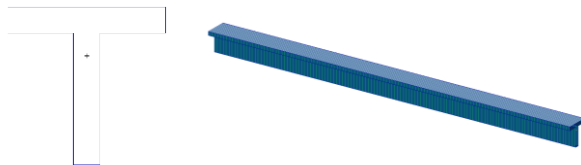
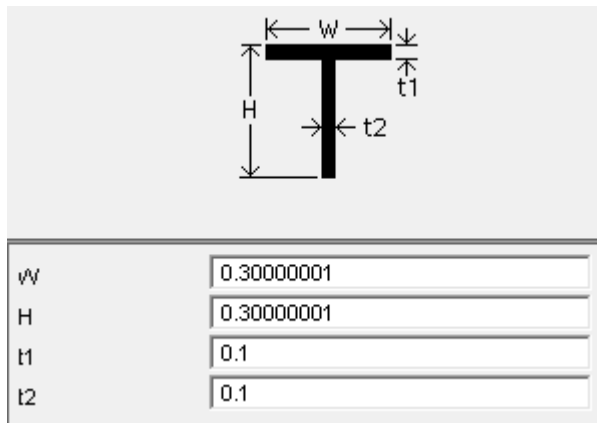
Density ( $\rho$ ) = 7830 kg/m<sup>3</sup>,  
Young modulus (E) = 2.1e11 N/m<sup>2</sup>,  
Poisson ratio ( $\mu$ ) = 0.3

- Tumpuan fix disatu sisi ujung dari model, ditahan pergerakan dan rotasi arah X,Y,Z
- Solution Type : Normal Modes
- Elemen Isomesh Hex8
- Untuk keluaran diambil 3 mode shape bending awal.



# MODEL TANPA CRACK (LANJUTAN)

Dilakukan Pemodelan untuk penampang T,I,H. Dimana dimensi untuk setiap penampang ditunjukkan dibawah ini. Panjang cantilever sendiri sebesar 3 m



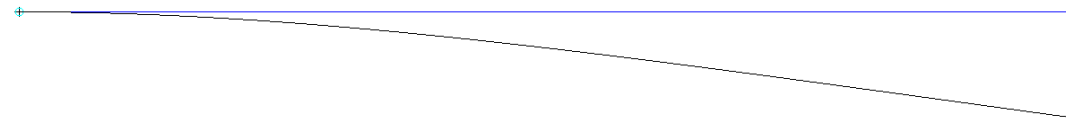


# MODEL TANPA RETAK (LANJUTAN)

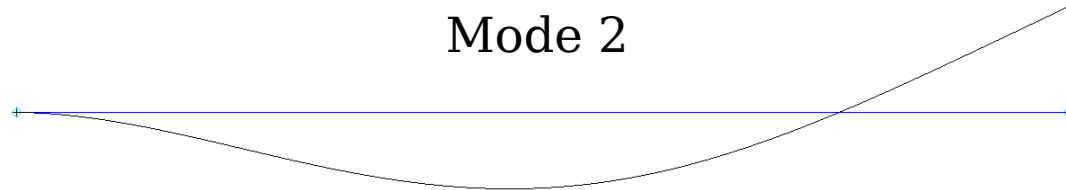
Hasil simulasi awal untuk ketiga model cantilever beam tanpa adanya retak adalah sebagai berikut :

	Model T	Model I	Model H
Mode 1	27.135	30.728	25.881
Mode 2	160.15	174.84	155.54
Mode 3	413.46	434.96	410.44

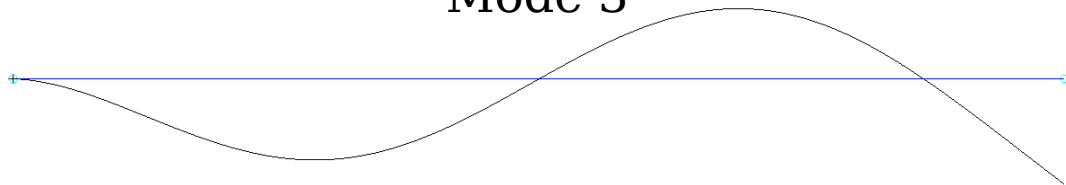
Mode 1



Mode 2



Mode 3



# MODEL DENGAN RETAK

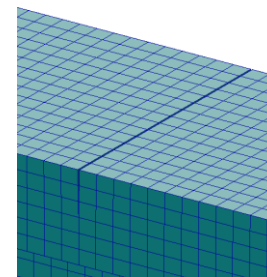
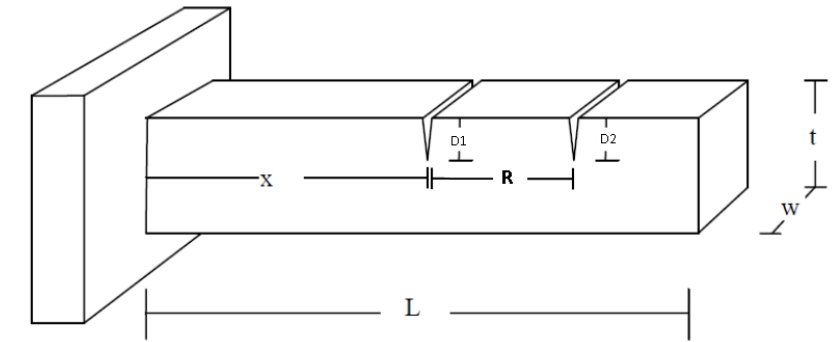
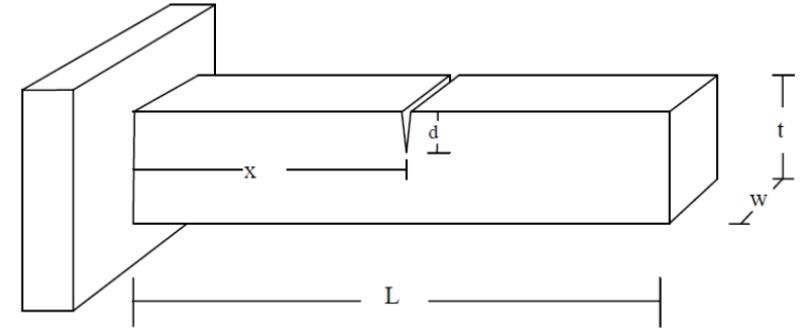
Pemodelan dengan retak dilakukan hanya pada bagian atas dari permukaan cantilever beam.

Nilai  $X$  merupakan posisi retak diukur dari ujung cantilever fix.

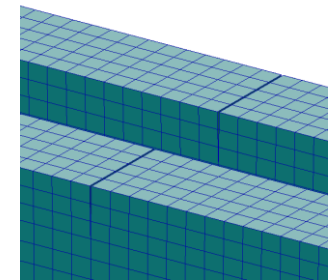
Nilai  $R$  merupakan jarak antara 2 retak

Nilai  $D$  merupakan kedalaman retak.

Untuk kasus penampang  $H$ , maka retak tetap diaplikasikan pada kedua ujung atasnya.



Retak Pada Penampang I & T



Retak Pada Penampang H



# MODEL DENGAN RETAK TUNGGA

Pemodelan dilakukan dengan menggunakan solid element dengan ukuran sebesar 0.02m.

Dari hasil yang diperoleh, diketahui bahwa terdapat pengurangan nilai frekuensi untuk semua model penampang dengan selisih mencapai 2.49% dibandingkan dengan model tanpa retak. Pengurangan nilai frekuensi terbesar terjadi pada penampang I mode shape 2.

Secara garis besar, nilai frekuensi mengalami pengurangan terbesar pada mode shape 2 untuk semua penampang. Dimana trend nilai selisih menunjukkan kenaikan dari mode shape 1 ke 2 sebelum turun kembali di mode shape 3

Model T			
	Mode 1	Mode 2	Mode 3
Tanpa Crack	27.135	160.15	413.46
Crack	26.974	156.3	413.27
Selisih	0.161	3.85	0.19
	0.59%	2.40%	0.05%

Model H			
	Mode 1	Mode 2	Mode 3
Tanpa Crack	25.881	155.54	410.44
Crack	25.74	152.13	410.36
Selisih	0.141	3.41	0.08
	0.54%	2.19%	0.02%

Model I			
	Mode 1	Mode 2	Mode 3
Tanpa Crack	30.728	174.84	434.96
Crack	30.531	170.49	434.8
Selisih	0.197	4.35	0.16
	0.64%	2.49%	0.04%

Bukaan Retak	0.002
Dalam retak	0.05
Single/Double	Single
Jarak Retak dari Ujung	1.5
Jarak Antar Retak	0



# MODEL DENGAN RETAK GANDA

Pemodelan dilakukan dengan menggunakan solid element dengan ukuran sebesar 0.02m.

Dari hasil yang diperoleh, diketahui bahwa terdapat pengurangan nilai frekuensi untuk semua model penampang dengan selisih mencapai 4.03% dibandingkan dengan model tanpa retak. Pengurangan nilai frekuensi terbesar terjadi pada penampang T mode 3.

Berbeda dengan kasus retak tunggal sebelumnya, nilai frekuensi mengalami pengurangan terbesar pada mode shape 3 untuk semua penampang. Dimana trend nilai selisih menunjukkan kenaikan dari mode shape 1 ke 2 sampai ke 3.

	Model T		
	Mode 1	Mode 2	Mode 3
Tanpa Crack	27.13	160.1	413.4
	5	5	6
Crack	26.68	156.1	396.8
	6	8	1
Selisih	0.449	3.97	16.65
	1.65%	2.48%	4.03%

	Model H		
	Mode 1	Mode 2	Mode 3
Tanpa Crack	25.88	155.5	410.4
	1	4	4
Crack	25.48	152.0	395.5
	8	2	5
Selisih	0.393	3.52	14.89
	1.52%	2.26%	3.63%

	Model I		
	Mode 1	Mode 2	Mode 3
Tanpa Crack	30.72	174.8	434.9
	8	4	6
Crack	30.17	170.3	417.6
	8	2	6
Selisih	0.55	4.52	17.3
	1.79%	2.59%	3.98%

Bukaan Retak	0.002
Dalam retak	0.05
Single/Double	Double
Jarak Retak dari Ujung	1
Jarak Antar Retak	1



# EFEK BUKAAN RETAK PADA MODEL

Dari hasil yang diperoleh, nilai frekuensi untuk semua penampang tidak mengalami perubahan yang signifikan dengan semakin besarnya bukaan retak.

Oleh karenanya, digunakan nilai 0.002 sebagai referensi bukaan retak untuk pemodelan.

Single tanpa crack		Model H	Model I	Model T
	Mode 1	25.881	30.728	27.135
	Mode 2	155.54	174.84	160.15
	Mode 3	410.44	434.96	413.46
0.002	Mode 1	25.74	30.531	26.974
	Mode 2	152.13	170.49	156.3
	Mode 3	410.36	434.8	413.27
0.006	Mode 1	25.74	30.532	26.975
	Mode 2	152.14	170.5	156.33
	Mode 3	410.36	434.81	413.28
0.008	Mode 1	25.74	30.532	26.975
	Mode 2	152.15	170.51	156.35
	Mode 3	410.36	434.81	413.28
0.01	Mode 1	25.741	30.532	26.976
	Mode 2	152.16	170.52	156.36
	Mode 3	410.36	434.82	413.28

Bukaan Retak	----
Dalam retak	0.05
Single/Double	Single
Jarak Retak dari Ujung	1.5
Jarak Antar Retak	0

Double tanpa crack		Model H	Model I	Model T
	Mode 1	25.881	30.728	27.135
	Mode 2	155.54	174.84	160.15
	Mode 3	410.44	434.96	413.46
0.002	Mode 1	25.488	30.178	26.686
	Mode 2	152.02	170.32	156.18
	Mode 3	395.55	417.66	396.81
0.006	Mode 1	25.489	30.18	26.688
	Mode 2	152.03	170.34	156.21
	Mode 3	395.61	417.75	396.94
0.008	Mode 1	25.49	30.181	26.69
	Mode 2	152.04	170.35	156.22
	Mode 3	395.64	417.8	397.01
0.01	Mode 1	25.49	30.182	26.691
	Mode 2	152.05	170.36	156.23
	Mode 3	395.67	417.84	397.08

Bukaan Retak	----
Dalam retak	0.05
Single/Double	Double
Jarak Retak dari Ujung	1
Jarak Antar Retak	1





# EFEK KEDALAMAN RETAK PADA MODEL RETAK TUNGGA

Dari hasil yang diperoleh, diketahui bahwa nilai frekuensi natural yang diperoleh untuk semua penampang mengalami penurunan seiring dengan semakin dalamnya retak yang terjadi.

Degradasi nilai terbesar terjadi pada penampang I mode 2 sampai mencapai 12.76 point dibandingkan dengan nilai model tanpa retak.

Terdapat kejanggalan pada nilai yang dideperoleh pada penampang H dikedalaman 0.08, dimana nilai yang diperoleh menunjukkan kenaikan 2.15 point dibandingkan model tanpa retak.

Single		Model H	Model I	Model T
tanpa crack	Mode 1	25.881	30.728	27.135
	Mode 2	155.54	174.84	160.15
	Mode 3	410.44	434.96	413.46
0.03	Mode 1	25.836	30.668	27.085
	Mode 2	154.42	173.46	158.91
	Mode 3	410.94	434.95	413.45
0.05	Mode 1	25.74	30.531	26.974
	Mode 2	152.13	170.49	156.3
	Mode 3	410.36	434.8	413.27
0.08	Mode 1	25.544	30.092	26.632
	Mode 2	147.66	162.08	149.08
	Mode 3	412.59	434.68	411.37

Bukaan Retak	0.002
Dalam retak	----
Single/Double	Single
Jarak Retak dari Ujung	1.5
Jarak Antar Retak	0



# EFEK KEDALAMAN RETAK PADA MODEL RETAK GANDA

Dari hasil yang diperoleh, diketahui bahwa nilai frekuensi natural yang diperoleh untuk semua penampang mengalami penurunan seiring dengan semakin dalamnya retak yang terjadi.

Degradasi nilai terbesar terjadi pada penampang T mode 3 sampai mencapai 46.44 point dibandingkan dengan nilai model tanpa retak.

		Model H	Model I	Model T
Double tanpa crack		25.881	30.728	27.135
		155.54	174.84	160.15
		410.44	434.96	413.46
0.03	Mode 1	25.769	30.558	26.992
	Mode 2	154.74	173.4	158.86
	Mode 3	407.41	430.23	408.01
0.05	Mode 1	25.488	30.178	26.686
	Mode 2	152.02	170.32	156.18
	Mode 3	395.55	417.66	396.81
0.08	Mode 1	24.923	29.023	25.781
	Mode 2	147.49	161.83	148.87
	Mode 3	376.59	412.72	367.02

Bukaan Retak	0.002
Dalam retak	----
Single/Double	Double
Jarak Retak dari Ujung	1
Jarak Antar Retak	1



# KESIMPULAN DAN SARAN

- Secara umum, semua model dengan penampang T,I dan H mengalami penurunan nilai natural frekuensi dengan munculnya retak pada permukaan.
- Efek dari bukaan retak memberikan perubahan nilai natural frekuensi yang signifikan dengan semakin kecilnya ukuran bukaan retak tersebut.
- Semakin dalam retak yang terjadi, maka penurunan nilai frekuensi semakin besar.
- Retak ganda memberikan penurunan nilai natural frekuensi yang lebih besar dibandingkan dengan retak tunggal
- Perlu dilakukan studi dengan menggunakan ukuran elemen yang lebih kecil maupun konsentrasi elemen pada bagian retak



# REFERENSI

- Ahiwale, D., Madake, H., Phadtare, N., Jarande, A., & Jambhale, D. (2022). Modal analysis of cracked cantilever beam using ANSYS Software. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.01.055>
- M. S., Islam, M. S., & Ghosh, U. (2017). Modal analysis of cracked cantilever beam by finite element simulation. *Procedia engineering*, 194, 509-516.
- Kumar, M. K., Pasha, M. A., Khan, M. A., & Nagaraju, C. N. (2018). Modal Analysis of a Cracked Cantilever Beam Using ANSYS Workbench. *International Journal of Prevention and Control of Industrial Pollution*, 4(1), 24-30
- Khalkar, V., & Ramachandran, S. (2018). Analysis of the effect of V-shape and Rectangular shape cracks on the natural frequencies of a spring steel cantilever beam. *Materials Today: Proceedings*, 5(1), 855-862.
- Khalkar, V., & Logesh, K. (2020). The effect of crack geometry on mode shapes of a cracked cantilever beam. *Australian Journal of Mechanical Engineering*, 1-12.
- Yendhe, V.S., Kadlag, P.V.L. and SHELKE, P., (2016). Vibration analysis of cracked cantilever beam for varying crack size and location. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 3(8), pp.1913-1919.
- Patil, D. A., Kolhe, A. M., & Patil, C. D. (2020). Vibration analysis of cracked cantilever beam with varying crack length. *Saudi Journal of Engineering and Technology*, 05(05), 251-257. <https://doi.org/10.36348/sjet.2020.v05i05.006>
- Ramachandran, C., & Ponnudurai, R. (2017). Modal Analysis of Beam with Varying Crack Depth. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 452-458.
- Mohanraj, M., Pandiyarajan, R., Jayakumar, K.S., Prabu, D.A., Sabarish, S., and Sankaralingam, T., 2021. Determination of vibration analysis in single and double cracked cantilever numerical beam. *Materials Today: Proceedings*.

