

## ANALISA KAPASITAS PENAMPANG GIRDER JEMBATAN KOMPOSIT BAJA-BETON AKIBAT PENGARUH KOROSI SELAMA UMUR RENCANA

Mufattihul Ikhwan <sup>1)</sup>

1) Program Studi Program Profesi Insinyur Institut Teknologi Indonesia

E-mail: [mufaaaikhwan@gmail.com](mailto:mufaaaikhwan@gmail.com)

### Abstrak

Korosi merupakan permasalahan utama pada struktur baja karena dapat menurunkan kapasitas penampang secara signifikan selama umur rencana bangunan. Penelitian ini bertujuan menganalisis penurunan kapasitas lentur dan geser pada girder baja dengan penampang profil IWF akibat korosi dengan metode perhitungan konvensional. Laju korosi diasumsikan 0,02 mm/tahun sehingga dalam umur rencana bangunan 50 tahun terjadi reduksi dimensi penampang. Analisis dilakukan dengan menghitung momen nominal ( $M_n$ ) dan kapasitas geser nominal ( $V_n$ ) pada kondisi awal dan setelah terjadi korosi. Hasil penelitian menunjukkan kapasitas momen menurun sekitar 17% dan kapasitas geser menurun 21% pada akhir umur rencana. Kesimpulannya, korosi berpengaruh signifikan terhadap kinerja struktur baja, sehingga proteksi korosi dan inspeksi berkala diperlukan untuk menjaga keamanan bangunan dalam jangka panjang.

**Kata kunci:** Girder, Korosi, Kapasitas Lentur, Kapasitas Geser.

### Pendahuluan

Jembatan merupakan infrastruktur vital yang menghubungkan wilayah dan mendukung mobilitas. Pada jembatan bentang menengah hingga panjang, girder komposit baja-beton sering digunakan karena efisiensi struktural dan ekonomisnya. Beton bertulang pada slab lantai bekerja menahan tekan sedangkan baja girder menahan tarik. Kombinasi ini meningkatkan kapasitas lentur secara signifikan.

Namun kelemahan utama baja girder adalah kerentanannya terhadap korosi. Dalam umur rencana 50 tahun atau lebih, perubahan profil penampang girder baja akibat korosi dapat menurunkan kapasitas struktur sehingga membahayakan kinerja jembatan. Penelitian ini difokuskan pada analisis penurunan kapasitas girder baja akibat korosi dengan metode perhitungan konvensional.

### Studi Pustaka

Korosi baja jembatan umumnya dipicu oleh lingkungan yang lembap, air hujan dan klorida dari laut maupun garam [3]. Korosi menyebabkan penurunan luas penampang baja yang berdampak dengan kapasitas strukturalnya [2]. Perubahan pada geometri penampang berbanding lurus dengan berkurangnya kapasitas struktur [5]. Korosi dapat memperpendek umur rencana infrastruktur baja, termasuk jembatan [6].

Dalam desain, kapasitas momen nominal girder baja dapat dihitung dengan [1]:

$$M_n = \phi \cdot F_y \cdot Z_x \quad (1)$$

dengan:

$\phi$  = faktor reduksi

$F_y$  = tegangan leleh baja

$Z_x$  = modulus plastis baja

Kapasitas geser dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [1]:

$$V_n = 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \quad (2)$$

Dengan:

$F_y$  = tegangan leleh baja

$A_w$  = luas web baja efektif

Penelitian menunjukkan bahwa korosi dapat menurunkan kapasitas lentur girder baja hingga 30% dalam 40 tahun [7]. Lingkungan laut juga mempercepat laju korosi hingga 2-3 kali lipat [4]. Maka dari itu penting untuk mempertimbangkan degradasi akibat korosi dalam perencanaan umur jembatan [8].



Gambar 1. Penampang baja IWF



Gambar 2. Korosi pada baja IWF

### Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan sistematis sebagai berikut :

1. Tahap pertama adalah identifikasi masalah, yaitu fenomena korosi pada baja yang digunakan sebagai girder jembatan komposit dengan slab beton. Korosi dipandang sebagai faktor penting yang dapat menurunkan kapasitas penampang baja selama umur rencana jembatan.
2. Tahap kedua adalah studi literatur yang mengacu pada standar desain serta hasil penelitian terdahulu yang membahas pengaruh korosi terhadap penurunan kapasitas elemen struktur baja. Literatur ini digunakan sebagai dasar dalam melakukan formulasi perhitungan kapasitas penampang.
3. Tahap ketiga adalah pemilihan profil girder baja, dimana ditentukan dimensi awal penampang girder baja yang digunakan. Pada tahap ini, diasumsikan kondisi awal girder masih dalam keadaan utuh tanpa adanya reduksi penampang.
4. Tahap keempat adalah penentuan laju korosi. Dalam penelitian ini digunakan asumsi laju korosi seragam sebesar 0,02 mm/tahun. Dengan umur rencana 50 tahun, reduksi ketebalan baja dihitung dan diaplikasikan pada dimensi penampang.
5. Tahap kelima adalah perhitungan ulang sifat penampang. Reduksi akibat korosi memengaruhi luas penampang serta modulus plastis penampang. Nilai-nilai tersebut digunakan untuk menghitung kapasitas lentur nominal ( $M_n$ ) dan kapasitas geser nominal ( $V_n$ ).
6. Tahap keenam adalah analisis kapasitas struktur. Perhitungan kapasitas lentur dan geser dilakukan baik pada kondisi awal maupun setelah mengalami korosi sesuai umur rencana. Perbandingan hasil ini menunjukkan besarnya penurunan kapasitas akibat korosi.

### Hasil dan Pembahasan

Pada kondisi awal kapasitas momen nominal girder baja mencapai 463,80 kN.m, setelah 50 tahun akibat pengurangan luas penampang akibat korosi kapasitas momen menurun menjadi 386,66 kN.m atau turun 17%. Kapasitas geser awal adalah 606,53 kN menurun menjadi 476,43 kN atau turun 21%.

Penurunan kapasitas paling signifikan diperkirakan terjadi pada sayap baja yang berperan besar dalam menahan momen lentur. Dengan demikian strategi proteksi korosi seperti pengecatan ulang, penggunaan baja tahan korosi dan inspeksi rutin sangat diperlukan agar jembatan tetap aman selama umur rencana.

**Tabel 1. Perhitungan Kapasitas Penampang Profil Girder Baja**

| Tahun<br>ke- | Dimensi (mm) awal |     |    |    | Luas Tampang<br>(mm <sup>2</sup> ) | Zx<br>(mm <sup>3</sup> ) | Mn<br>(kN.m') | Aw<br>(mm <sup>2</sup> ) | Vn<br>(kN) |
|--------------|-------------------|-----|----|----|------------------------------------|--------------------------|---------------|--------------------------|------------|
|              | h                 | b   | tw | tf |                                    |                          |               |                          |            |
| 1            | 500               | 300 | 9  | 16 | 13812,00                           | 2147208,00               | 463,80        | 4212,00                  | 606,53     |
| 2            | 500               | 300 | 9  | 16 | 13768,36                           | 2139936,77               | 462,23        | 4193,64                  | 603,88     |
| 3            | 500               | 300 | 9  | 16 | 13724,73                           | 2132664,82               | 460,66        | 4175,27                  | 601,24     |
| 4            | 500               | 300 | 9  | 16 | 13681,09                           | 2125392,17               | 459,08        | 4156,91                  | 598,59     |
| 5            | 500               | 300 | 9  | 16 | 13637,47                           | 2118118,81               | 457,51        | 4138,53                  | 595,95     |
| 6            | 500               | 300 | 9  | 16 | 13593,84                           | 2110844,74               | 455,94        | 4120,16                  | 593,30     |
| 7            | 500               | 300 | 9  | 16 | 13550,22                           | 2103569,95               | 454,37        | 4101,78                  | 590,66     |
| 8            | 500               | 300 | 9  | 16 | 13506,60                           | 2096294,46               | 452,80        | 4083,40                  | 588,01     |
| 9            | 500               | 300 | 9  | 16 | 13462,98                           | 2089018,26               | 451,23        | 4065,02                  | 585,36     |
| 10           | 500               | 300 | 9  | 16 | 13419,37                           | 2081741,35               | 449,66        | 4046,63                  | 582,71     |
| 11           | 500               | 300 | 9  | 16 | 13375,76                           | 2074463,73               | 448,08        | 4028,24                  | 580,07     |
| 12           | 500               | 300 | 9  | 16 | 13332,15                           | 2067185,40               | 446,51        | 4009,85                  | 577,42     |
| 13           | 500               | 300 | 9  | 16 | 13288,55                           | 2059906,35               | 444,94        | 3991,45                  | 574,77     |
| 14           | 499               | 299 | 8  | 15 | 13244,95                           | 2052626,60               | 443,37        | 3973,05                  | 572,12     |
| 15           | 499               | 299 | 8  | 15 | 13201,35                           | 2045346,13               | 441,79        | 3954,65                  | 569,47     |
| 16           | 499               | 299 | 8  | 15 | 13157,76                           | 2038064,95               | 440,22        | 3936,24                  | 566,82     |
| 17           | 499               | 299 | 8  | 15 | 13114,17                           | 2030783,06               | 438,65        | 3917,83                  | 564,17     |
| 18           | 499               | 299 | 8  | 15 | 13070,58                           | 2023500,46               | 437,08        | 3899,42                  | 561,52     |
| 19           | 499               | 299 | 8  | 15 | 13027,00                           | 2016217,15               | 435,50        | 3881,00                  | 558,86     |
| 20           | 499               | 299 | 8  | 15 | 12983,42                           | 2008933,12               | 433,93        | 3862,58                  | 556,21     |
| 21           | 499               | 299 | 8  | 15 | 12939,84                           | 2001648,38               | 432,36        | 3844,16                  | 553,56     |
| 22           | 499               | 299 | 8  | 15 | 12896,27                           | 1994362,93               | 430,78        | 3825,73                  | 550,91     |
| 23           | 499               | 299 | 8  | 15 | 12852,69                           | 1987076,77               | 429,21        | 3807,31                  | 548,25     |
| 24           | 499               | 299 | 8  | 15 | 12809,13                           | 1979789,89               | 427,63        | 3788,87                  | 545,60     |
| 25           | 499               | 299 | 8  | 15 | 12765,56                           | 1972502,30               | 426,06        | 3770,44                  | 542,94     |
| 26           | 499               | 299 | 8  | 15 | 12722,00                           | 1965214,00               | 424,49        | 3752,00                  | 540,29     |
| 27           | 499               | 299 | 8  | 15 | 12678,44                           | 1957924,98               | 422,91        | 3733,56                  | 537,63     |
| 28           | 499               | 299 | 8  | 15 | 12634,89                           | 1950635,25               | 421,34        | 3715,11                  | 534,98     |
| 29           | 499               | 299 | 8  | 15 | 12591,33                           | 1943344,81               | 419,76        | 3696,67                  | 532,32     |
| 30           | 499               | 299 | 8  | 15 | 12547,79                           | 1936053,65               | 418,19        | 3678,21                  | 529,66     |
| 31           | 499               | 299 | 8  | 15 | 12504,24                           | 1928761,78               | 416,61        | 3659,76                  | 527,01     |
| 32           | 499               | 299 | 8  | 15 | 12460,70                           | 1921469,19               | 415,04        | 3641,30                  | 524,35     |
| 33           | 499               | 299 | 8  | 15 | 12417,16                           | 1914175,89               | 413,46        | 3622,84                  | 521,69     |
| 34           | 499               | 299 | 8  | 15 | 12373,62                           | 1906881,87               | 411,89        | 3604,38                  | 519,03     |
| 35           | 499               | 299 | 8  | 15 | 12330,09                           | 1899587,14               | 410,31        | 3585,91                  | 516,37     |

| Tahun<br>ke- | Dimensi (mm) awal |     |    |    | Luas Tampang<br>(mm <sup>2</sup> ) | Zx<br>(mm <sup>3</sup> ) | Mn<br>(kN.m') | Aw<br>(mm <sup>2</sup> ) | Vn<br>(kN) |
|--------------|-------------------|-----|----|----|------------------------------------|--------------------------|---------------|--------------------------|------------|
|              | h                 | b   | tw | tf |                                    |                          |               |                          |            |
| 36           | 499               | 299 | 8  | 15 | 12286,56                           | 1892291,69               | 408,74        | 3567,44                  | 513,71     |
| 37           | 499               | 299 | 8  | 15 | 12243,03                           | 1884995,52               | 407,16        | 3548,97                  | 511,05     |
| 38           | 499               | 299 | 8  | 15 | 12199,51                           | 1877698,65               | 405,58        | 3530,49                  | 508,39     |
| 39           | 498               | 298 | 7  | 14 | 12155,99                           | 1870401,05               | 404,01        | 3512,01                  | 505,73     |
| 40           | 498               | 298 | 7  | 14 | 12112,47                           | 1863102,74               | 402,43        | 3493,53                  | 503,07     |
| 41           | 498               | 298 | 7  | 14 | 12068,96                           | 1855803,71               | 400,85        | 3475,04                  | 500,41     |
| 42           | 498               | 298 | 7  | 14 | 12025,45                           | 1848503,97               | 399,28        | 3456,55                  | 497,74     |
| 43           | 498               | 298 | 7  | 14 | 11981,94                           | 1841203,51               | 397,70        | 3438,06                  | 495,08     |
| 44           | 498               | 298 | 7  | 14 | 11938,44                           | 1833902,33               | 396,12        | 3419,56                  | 492,42     |
| 45           | 498               | 298 | 7  | 14 | 11894,94                           | 1826600,44               | 394,55        | 3401,06                  | 489,75     |
| 46           | 498               | 298 | 7  | 14 | 11851,44                           | 1819297,82               | 392,97        | 3382,56                  | 487,09     |
| 47           | 498               | 298 | 7  | 14 | 11807,95                           | 1811994,49               | 391,39        | 3364,05                  | 484,42     |
| 48           | 498               | 298 | 7  | 14 | 11764,45                           | 1804690,45               | 389,81        | 3345,55                  | 481,76     |
| 49           | 498               | 298 | 7  | 14 | 11720,97                           | 1797385,68               | 388,24        | 3327,03                  | 479,09     |
| 50           | 498               | 298 | 7  | 14 | 11677,48                           | 1790080,20               | 386,66        | 3308,52                  | 476,43     |

### Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

- Korosi dengan laju 0,02 mm/tahun selama umur rencana 50 tahun menyebabkan reduksi signifikan pada dimensi penampang girder baja.
- Kapasitas lentur nominal (Mn) girder mengalami penurunan sebesar 17% dibanding kondisi awal yang berpotensi mengurangi kemampuan struktur menahan beban momen.
- Kapasitas geser nominal (Vn) juga mengalami penurunan sebesar 21% sehingga mempengaruhi kestabilan girder baja dalam menahan gaya geser.
- Hasil penelitian ini menegaskan pentingnya penerapan proteksi korosi (misalnya pelapisan, cat atau galvanisasi) serta inspeksi berkala untuk menjaga kinerja dan keamanan jembatan selama umur rencana.

### Daftar Pustaka

- [1] American Institute of Steel Construction (AISC). *Spesification for Structural Steel Buildings (ANSI/AISC 360-16)*. Chicago, IL: AISC, 2016, hlm. 50-68.
- [2] M.G. Fontana. *Corrosion Engineering*, 3<sup>rd</sup> ed. New York: McGraw Hill, 1986, hlm 89-97.
- [3] R.E. Melchers. "Modelling of Marine Corrosion of Steel" *Structural Safety* 25(5), hlm. 483-500, 2003.
- [4] P. Saha dan R.E. Melchers. "Effect of Environment on Corrosion of Steel Structures" *Corrosion Science* 53(2), hlm. 656-667, 2011.
- [5] C.G. Salmon dan J.E. Johnson. *Steel Structures: Design and Behaviour*, 4<sup>th</sup> ed. New York: HarperCollins, 1996, hlm 144-155.
- [6] H.H. Uhlig. *Corrosion and Corrosion Control*, 4<sup>th</sup> ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2008, hlm 34-42.

- [7] L. Wei, J. Li dan X. Zhao. “Flexural Capacity Reduction of Corroded Steel Beams” *Journal of Constructional Steel Research* 122, hlm. 1-10, 2016.
- [8] W. Zhang, Y. Xu dan S. Chen. “Long Term Performance of Corroded Composite Bridges” *Engineering Structures* 167, hlm. 67-68, 2018.