

Studi Perbandingan Estimasi Tahun Konstruksi Jembatan di Indonesia Dengan Metode Remote Sensing

Theresita Herni S^{1*}), Andreas F.V. Roy²⁾, Liyanto Eddy³⁾, Marvyn Marvellino⁴⁾,
Tan Leonardo⁵⁾ Jonathan Djaja⁶⁾, Yohanes Adi⁷⁾

^{1, 2, 3, 4, 5)} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan
Jln Ciumbuleuit no. 94 Bandung

Email: herni@unpar.ac.id¹⁾, andrevan@unpar.ac.id²⁾, liyanto.eddy@unpar.ac.id³⁾,
marvynmarvellino@gmail.com⁴⁾, tan.leonardo@yahoo.co.id⁵⁾, jdjaja99@gmail.com⁶⁾,
adi@unpar.ac.id⁷⁾

DOI: <http://dx.doi.org/10.29103/tj.v15i1.1234>

(Received: 13 January 2025 / Revised: 03 March 2025 / Accepted: 11 March 2025)

Abstrak

Jembatan adalah infrastruktur penghubung dua bagian daerah terputus karena adanya rintangan. Berdasarkan bentangnya, jembatan diklasifikasikan menjadi jembatan pendek dengan panjang $L \leq 30$ m, jembatan sedang dengan panjang $30 < L < 100$ m, dan jembatan panjang dengan panjang $L \geq 100$ m. Tahun 2019 Bina Teknik Jalan dan Jembatan telah mendata 18.648 jembatan di Indonesia yang sebagian besar belum diketahui tahun konstruksinya. Tahun konstruksi jembatan dibutuhkan sebagai proses identifikasi usia jembatan berkaitan dengan usia pakai, rencana sistem operasi dan manajemen pemeliharaan jembatan. Penelitian ini melakukan studi perbandingan tahun konstruksi data Bintek JalJem dengan estimasi tahun konstruksi jembatan menggunakan metodologi data satelit *remote sensing* NDVI dan NDWI. Hasil pembahasan mendapatkan estimasi tahun konstruksi jembatan dengan *remote sensing* kasus jembatan panjang, persentase sebaran NDWI mencapai 63,7%, NDVI mencapai 63,05%. Untuk kasus jembatan sedang, persentase sebaran NDWI mencapai 58,61%, NDVI mencapai 52,96%. Untuk kasus jembatan pendek, persentase sebaran NDWI mencapai 55,78%, NDVI mencapai 43,7%. Simpulan penelitian menganjurkan menggunakan metode NDWI untuk mendapatkan hasil perkiraan tahun konstruksi lebih tepat tanpa kunjungan fisik ke lokasi. Untuk mendapatkan ketepatan estimasi tahun konstruksi disarankan menggunakan index lain yang memiliki keakuratan dengan lingkup tinjauan, dengan harapan dapat mengidentifikasi jenis material obyek tinjauan. Hal ini bertujuan membuat prediksi (*forecasting*) sistem operasi dan manajemen pemeliharaan konstruksi tinjauan.

Kata kunci: *estimasi tahun konstruksi, jembatan, remote sensing, NDWI, NDVI*

Abstract

A bridge is infrastructure that connect two parts of an area that separated by an obstacle. Based on its span, a bridge is classified into short bridges with a length of $L \leq 30$ m, medium bridges with a length of $30 < L < 100$ m, and long bridges with a length of $L \geq 100$ m. In 2019, Road and Bridge Engineering Development recorded 18,648 bridges in Indonesia, most of which the year of construction is unknown. The year of bridge construction is needed for identifying the age of the bridge in relation to its service life, operation system plan, and bridge maintenance management. This study conducts a comparison of the construction year data from Road and Bridge Engineering Development with estimated construction years using satellite *remote sensing* methodologies, specifically NDVI and NDWI. The results show that the estimated

construction year for long-bridge cases using remote sensing, with an NDWI distribution percentage of 63.7% and an NDVI of 63.05%. For medium-bridge cases, the NDWI distribution percentage reaches 58.61%, while NDVI reaches 52.96%. For short-bridge cases, the NDWI distribution percentage is 55.78%, and the NDVI is 43.7%. The study concludes by recommending the use of the NDWI method to obtain more accurate estimates of the construction year without the need for physical visits to the to obtain accurate construction year estimates, it is also recommended to use other indices that are accurate with the scope of the review. It is hoped that this index can identify the type of material of the object being reviewed. This aims to make forecasting of the operation system and maintenance management for the surveyed construction.

Keywords: *estimated year of construction, bridge, remote sensing, NDWI, NDVI*

1. Latar Belakang

Jembatan adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menghubungkan dua bagian jalan atau daerah yang terputus karena adanya halangan tidak sebidang dan lain-lain (Struyk, 1984). Jumlah jembatan di Indonesia mencapai 88 ribu ekivalen dengan panjang 1000 km (Pusat Komunikasi Publik, 2007). Jembatan diklasifikasikan beberapa bentuk struktur atas jembatan hingga saat ini, diantaranya jembatan pelengkung, jembatan rangka, jembatan kabel gantung, dan jembatan beton (Supriyadi, 2007). Berdasarkan bentang, jembatan diklasifikasikan menjadi jembatan pendek dengan panjang 6-30 m, jembatan sedang dengan panjang 30-100 m, dan jembatan panjang dengan panjang lebih dari 100 m (Yugiantoro, t.thn.). Kondisi jembatan di Indonesia dinilai berdasarkan 6 penilaian yaitu, baik sekali, baik, rusak, rusak ringan, rusak berat, dan putus (Vaza, et al., 2017; Jiang & Sinha, 1989). Statistik nilai kondisi jembatan di Indonesia pada tahun 2010 terhadap total populasi jembatan adalah baik sekali 46%, baik 22%, rusak 15%, rusak ringan 8%, rusak berat 6%, dan putus 3% (Vaza, et al., 2017; Vaza, 2016). Kondisi tersebut menggambarkan sebanyak 32% jembatan di Indonesia harus diinspeksi dan dilakukan pemeliharaan jembatan. Pemeliharaan jembatan diperlukan untuk mempertahankan kondisi jembatan untuk selalu berada dalam kondisi siap layan (PUPR, 2018). Perencanaan anggaran pemeliharaan jembatan membutuhkan data meliputi gambar disain, *shop drawing*, *as-built drawing*, tahun konstruksi, serta hasil inspeksi berkala apakah suatu jembatan telah terdeteriorasi atau belum, agar inspeksi dan pemeliharaan jembatan dapat dikelompokkan berdasarkan skala prioritas dan tepat sasaran. Bina Teknik Jalan dan Jembatan dengan Sistem Manajemen Jembatan 1992 telah melakukan pencatatan. Namun demikian banyak jembatan yang belum diketahui tahun konstruksinya. Tahun konstruksi jembatan dapat memberikan gambaran kondisi jembatan di masa mendatang.

Remote sensing adalah suatu praktik informasi mengenai perubahan atau perbedaan permukaan tanah dan air di bumi menggunakan gambar perspektif udara, menggunakan radiasi elektromagnetik di satu atau lebih wilayah spektrum elektromagnetik, dipantulkan atau dipancarkan dari permukaan bumi (Campbell & Wynne, 2011; Ernst, et al., 2013; Fadli, et al., 2018; Janssen, et al., 2001; Kumar, et al., 2015; Xian & Crane, 2005; Buiten & Clevers, 1993). Penelitian jembatan di Kamboja menggunakan metode *remote sensing* untuk mengestimasi tahun konstruksi jembatan dengan *platform Google Earth Engine* untuk mencari nilai NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dan NDWI (*Normalized Difference Water Index*). Dari penelitian yang diseminasikan di ACF Symposium ke-3 2019 Sapporo Jepang disimpulkan bahwa

nilai NDVI dan NDWI dapat digunakan untuk mengestimasi tahun konstruksi jembatan (Sovisoth, et al., 2019).

Dari kondisi tersebut di atas, hal menarik untuk diteliti adalah melakukan studi perbandingan antara tahun konstruksi data Bina Teknik Jalan dan Jembatan dengan estimasi tahun konstruksi jembatan menggunakan metode data satelit *remote sensing*.

2. Metode Penelitian

Landsat merupakan satelit tertua di bumi bagian dari program USGS *National Land Imaging (NLI)* yang diluncurkan oleh Amerika Serikat (May, 2017) (U.S.G.S., 2016) (U.S Geological Survey, n.d.). Landsat berkembang mulai dari Landsat 1 diluncurkan tahun 1972 hingga Landsat 9 yang diluncurkan tahun 2021. Penggunaan satelit landsat ini bergantung pada tahun konstruksi jembatan yang ditinjau. Untuk jembatan yang dikonstruksi antara tahun 1988-1999, data satelit yang digunakan adalah data satelit Landsat 5, sedangkan untuk jembatan yang dibangun di atas tahun 1999, data satelit yang digunakan adalah data satelit Landsat 7 (Chander, et al., 2009; Landsat Science, n.d.).

Cara pertama untuk mengestimasi tahun konstruksi suatu jembatan adalah dengan mengamati perubahan data gambar satelit suatu area dari waktu ke waktu yang terekam oleh satelit tersebut. Penginderaan jarak jauh menggunakan *Google Earth Engine (GEE)* code untuk melihat data satelit. Analisis gambar dilakukan dengan mentransfer gambar jembatan yang menjadi studi kasus dari data Landsat tahun per tahun. Munculnya jembatan pada suatu tahun tertentu menjadi tahun konstruksi jembatan tersebut.

Cara kedua adalah dengan mengamati perubahan nilai indeks NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dan NDWI (*Normalized Difference Water Index*). NDWI adalah sebuah indeks yang mengindikasikan atau memonitor perubahan area perairan pada suatu daerah, sedangkan NDVI adalah sebuah indeks yang mengindikasikan atau memonitor perubahan area vegetasi pada suatu daerah. NDVI digunakan untuk mengukur kehijauan vegetasi dan berguna untuk memahami kepadatan vegetasi dan perubahan kesehatan tanaman (Bhandari, et al., 2012; Gao, 1996; Hashim, et al., 2019). Sejak tahun 1996, NDWI digunakan untuk mengindikasikan jumlah total air di suatu daerah. Cara kedua ini digunakan Sovisoth, et.al., 2019 untuk mengestimasi tahun konstruksi di Kamboja.

Cara pertama memiliki keterbatasan untuk kasus jembatan dengan panjang <100meter karena resolusi gambar yang dihasilkan oleh data satelit terdahulu sangat rendah. Oleh karenanya, untuk mengetahui tahun konstruksi jembatan digunakan cara kedua yaitu berdasarkan perubahan indeks NDVI dan NDWI. Nilai indeks NDVI dan NDWI pada lokasi jembatan yang ditinjau memiliki perbedaan sebelum dan sesudah tahun sekarang konstruksi, di mana nilai indeks pada jembatan yang ditinjau berkurang atau bertambah seiring dengan konstruksi jembatan tetapi nilai indeks disekitar jembatan yang ditinjau tidak berubah. Nilai pertambahan atau pengurangan indeks NDVI atau NDWI merupakan tahun konstruksi jembatan. Di samping menentukan indeks NDVI dan NDWI di lokasi jembatan, indeks NDVI dan NDWI di sekitar lokasi jembatan juga ditentukan dan digunakan sebagai nilai NDVI dan NDWI referensi. Apabila nilai NDVI dan NDWI di lokasi jembatan berubah karena adanya gangguan pada foto satelit, maka NDVI dan NDWI di sekitar jembatan yang digunakan sebagai titik-titik referensi juga

berubah. Perubahan nilai NDVI dan NDWI akibat gangguan tersebut bukan merupakan tahun konstruksi sebuah jembatan. Tahun konstruksi jembatan ditentukan apabila nilai NDVI dan NDWI di lokasi jembatan berubah secara signifikan dibandingkan dengan nilai NDVI dan NDWI di titik-titik referensi. Indeks NDVI dihitung dengan menggunakan persamaan (1).

$$NDVI = (SWIR - NIR) / (SWIR + NIR) \tag{1}$$

Indeks NDWI dihitung dengan menggunakan persamaan (2).

$$NDWI = (Green - NIR) / (Green + NIR) \tag{2}$$

di mana:

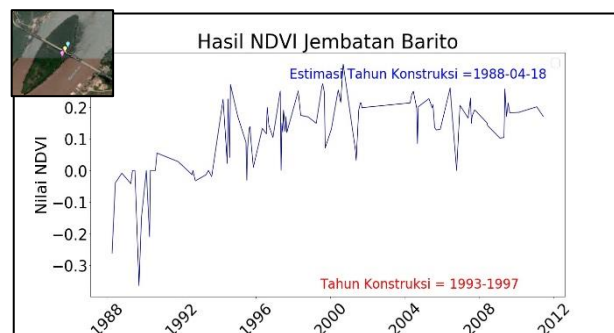
SWIR = *Short Wave Infrared* diantara 0,76-0,90 μm

NIR = *Near Infrared Range* diantara 0,76-0,90 μm

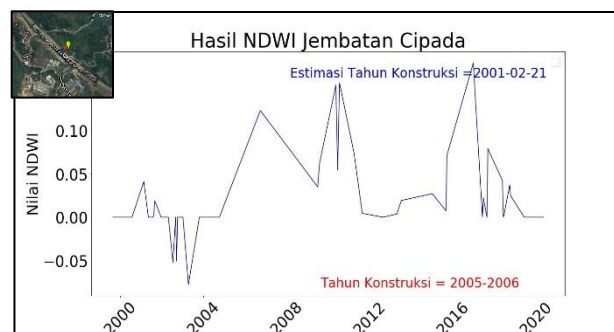
GREEN = *Green Range* diantara 0,52-0,60 μm

Hasil estimasi tahun konstruksi dari metode NDVI dan NDWI dilanjutkan dengan uji keakuratan yaitu uji keakuratan berdasarkan ketepatan antara estimasi tahun konstruksi dengan tahun konstruksi yang ada dengan toleransi kesalahan 3 tahun setelah dan 3 tahun sebelum (Sovisoth, et al., 2019); uji berdasarkan trendline, pendekatan sebaran data dengan menggunakan garis lurus dan uji berdasarkan besaran standar deviasi yang mengukur besaran simpangan nilai aktual dan nilai harapan (Alamsyjah, 2020; Brown, 1982) .

Ilustrasi estimasi tahun konstruksi menggunakan NDVI dilakukan pada Jembatan Barito yang memiliki bentang 1082 m dikonstruksi tahun 1993 sampai dengan 1997 (Alamsyjah, 2020). Gambar 1 menunjukkan hasil NDVI Jembatan Barito didapat estimasi tahun konstruksi 1988.



Gambar 1 Estimasi tahun konstruksi Jembatan Barito menggunakan indeks NDVI



Gambar 2 Estimasi tahun konstruksi Jembatan Cipada menggunakan indeks NDWI

Ilustrasi estimasi tahun konstruksi menggunakan NDWI dilakukan pada Jembatan Cipada yang memiliki bentang 720 m dikonstruksi tahun 2005 sampai dengan 2006 (Alamsyah, 2020). Gambar 2 menunjukkan hasil NDWI Jembatan Cipada didapat estimasi tahun konstruksi 2001.

3. Hasil dan Pembahasan

Basis data Bina Teknik Jalan dan Jembatan yang digunakan dalam analisis perbandingan dalam penelitian ini dibagi dalam tiga kategori berdasarkan panjang jembatan yaitu Jembatan Pendek dengan panjang $L \leq 30m$; Jembatan Sedang dengan panjang $30 < L < 100m$; dan Jembatan Panjang dengan panjang $L \geq 100m$. Jumlah jembatan yang dianalisis adalah 150 buah untuk setiap kategori. Cara pengukuran menggunakan perbandingan rinci titik target jembatan dan titik referensi jembatan. Titik referensi 35m digunakan dalam penelitian sebagai pembanding bila ditemukan hambatan saat estimasi dilakukan. Titik target dan titik referensi dianalisis dengan platform Microsoft office Excel 2-13 dan platform Python untuk menghasilkan grafik NDVI dan NDWI. Hasil Estimasi Tahun Konstruksi dapat dilihat pada Tabel 1 sampai dengan Tabel 3.

Tabel 1 Hasil estimasi tahun konstruksi jembatan untuk Jembatan Pendek ($L \leq 30m$)

No	Jembatan	Panjang Jembatan (m)	Tahun Konstruksi	Hasil NDVI	Hasil NDWI
1	Sabuk	29	1995	1988	1988
2	Lhok Buya	29	2008	2000	2004
3	Titian Panjang	28.1	1995	1991	1987
4	Citireup I	27	2000	1999	1999
5	Cijambu	27	2007	2007	2007
6	Selokan Mataram	26,5	1996	1989	1995
7	Kendal A	26.2	1993	1995	1993
8	Idano Sorake	26	2008	1999	1999
9	Glonggong A	26	2003	2012	2008
10	Air Tapal Batas A	26	2010	2001	2000
11	Ciawi	26	2006	2001	2001
12	Wai Kobisonta	25.9	2009	1999	2009
13	Jombor	25.8	1991	1994	1989
14	Sengon B	25.7	1989	1993	1997
15	Alue Dua	25.7	2012	2000	2005
16	Batang Suliti	25.7	1992	1989	1995
17	Karangdowo	25.7	2015	1999	2000
18	Alue Bruk	25.6	1994	1994	1988
19	Parit 4 Tambilahan	25.6	1988	1989	1989
20	Damar	25.5	1989	2008	1988
21	Sumberejo I	25.5	1994	1993	1993
22	Bantaian	25.5	1993	1988	1987
23	Sungai Rumbai I	25.5	1992	1992	1992
24	Sungai Sindang	25.5	1990	1994	1991
25	Kr. Bugeng	25.5	1992	1988	1987
26	Pelokan	25.5	1992	1992	1989
27	Kr. Bungkaih	25.4	1992	1987	1996
28	Air Samak II	25.3	2016	2001	1999
29	S Putih	25	1990	1988	1988
30	Ake Durian I	25	2018	2000	2003
31	Glonggong B	25	2003	1999	1999
32	Aek Binanga Batu	25	1993	1988	1988
33	Lubuk Peraku	24.1	1995	1989	1989
34	Cikoneng	23.7	2013	1999	1999
35	Blang Bladeh	23.6	2000	2000	1999
36	Bejalen	23.5	2012	2000	2001
37	Ketekan	23.2	1990	1990	1990
38	Cipicung	23.2	1993	2009	1995
39	Kaliwadas Hilir B	23	1990	1990	1994
40	Kedung Lingkar Ambarawa	23	2012	2006	2000
41	Kr. Binje	23	1994	1994	1994
42	Gegas I	22	1988	1989	1988
43	Sei Ketalo Kecil	21.9	1988	1989	1989
44	Air Lau Manis	20.7	1994	1993	1989
45	Sungai Kalu	20.7	1993	1993	2008
46	Air Baru	20.6	1990	1988	1989
47	Ake Lelilef I	20.6	2018	1999	1999
48	Air Bunut I	20.56	1994	1988	1989
49	Ciloseh I	20.5	1990	1993	1989
50	Aek Binanga Sisona	20.5	1994	1990	1988
51	Kampung Oto	20.5	1993	1991	1993
52	Air Sirah	20.5	1989	1987	1987

No	Jembatan	Panjang Jembatan (m)	Tahun Konstruksi	Hasil NDVI	Hasil NDWI
53	Sungai Teguh Gadan	20.5	1993	1988	1987
54	Batang Kulamban	20.5	1992	1994	1988
55	Muaro Pasampan	20.5	1993	1990	1989
56	Sungai Manau	20.5	1993	2009	2005
57	Kr. Buloh	20.5	1997	1989	1990
58	Padang Besi	20.2	1997	1990	1990
59	Sei Sekikilan 5	20	2012	1999	2001
60	Viaduct Pasir Jati	20	1990	1988	1988
61	Ake Durian III	20	2017	2005	2014
62	Pauh Sangik	20	1993	1988	1994
63	Sibumbun I	20	1993	2009	1988
64	Singgalang Kering	20	1998	1988	1988
65	Kr. Jeunib Baru	20	1992	1987	1988
66	Aek Tarutung I	20	1994	1995	1995
67	W Timang Gajah	20	1994	1994	1993
68	Desa Resun 7	19.6	2005	1999	2001
69	Belt Converyer	19.2	1997	1990	1990
70	Air Jahe	19	1990	1988	1988
71	A Paya Bunyot	18	1995	1992	1990
72	Sawah	18	1988	1990	1988
73	S Irgasi	17.7	2007	2000	2006
74	Limbangan Kulon A	17	1993	1989	1990
75	Semampir IA	16.9	2009	2008	2004
76	Air Dabuk II	16.9	1990	1988	1993
77	Kolor Wetan	16.8	2013	1999	2001
78	Toto Duku	16.5	2014	1999	1999
79	Kr. Beureugang	16.5	1997	1990	1990
80	Nirwana	16.1	2009	2001	2000
81	Air Berok Duplikat	16.1	1992	1990	1990
82	Alue Kulus	16	1992	1988	1988
83	Lai Embun	16	1993	1988	1988
84	Ake Yehu	16	2014	2001	2005
85	Lingkung Baru	16	2013	2013	2012
86	Simpang Air Angat	16	1993	1990	2004
87	Kr. Pancalang	16	1993	1987	1987
88	Panada	15.9	1992	1993	1993
89	Wai Pakuhua	15.6	1991	1987	1987
90	Wai Sesar	15.6	1996	1988	1988
91	Sidangoli II	15.2	1997	1997	2000
92	Persing I	15	2003	2003	2000
93	Cihambar	15	2010	2000	2005
94	Cipalabuan	14.9	2001	2019	2001
95	S. Air Soma	14	1994	1988	1988
96	Air Nibung V	13.8	2011	2002	2013
97	Idano Enou	13.1	2011	2000	2008
98	Aek Sihorbo	13	2011	1999	1999
99	Kr. Tingkeum	13	1997	1990	1990
100	Aek Manuncang Porang	13	1992	1994	1992
101	Aek Selangor	13	1997	1995	2007
102	Alue Bate Brok	13	1990	1988	1989
103	Tanjung Alai	12.9	1993	1989	1989
104	S. Kadia	12.8	1992	1989	1990
105	Air Ibul	12	1989	1988	1988
106	Kr Lamteumen	12	1992	1988	1988
107	Wai Nini	11.8	1994	1988	1988
108	Wai Sidodady	11.7	1998	1987	1987
109	Wotan III	11.6	1999	2013	2012
110	Loleo II	11.2	1994	1994	1994
111	Kali Teluk	11	1994	1996	1994
112	Air Jamban Teras	10.9	1990	1988	1993
113	Wai Atatelu I	10.9	1998	1990	1997
114	Air Tebat Nibung	10.8	2011	2015	2001
115	Cibiuk	10.8	2007	1999	2001
116	Titian Patai	10.3	2006	2006	2006
117	Aek Sigaol	10.2	2011	1999	1999
118	Citujung	10.2	2000	1999	1999
119	Indrapura	10	1993	1987	1987
120	Tanjung Limau Kape	10	1993	1996	1990
121	Lueng Raya I	10	1992	1988	1990
122	Kebun Kopil	9.7	2015	2001	2000
123	Cideres	9.4	1990	1990	1990
124	Wai Caly	9.2	1988	1988	1997
125	Desa Resun 5	9.2	2005	1999	2001
126	Wai Kukurue	9.1	1991	1988	1988
127	Wai Kobi IV	8.9	1996	1987	2006
128	Wai Baling Kecil VI	8.8	2006	1999	2000
129	Wai Suma I	8.8	1991	1988	1987
130	Wai Suma VI	8.8	1996	1987	1987
131	Jetis	8.8	1993	1996	1995
132	Sikayan	8.7	2001	1999	2002
133	Air Birah	8.7	1992	1989	1997
134	Wai Suma V	8.4	1996	1987	1988
135	Jerohan II	8.3	1995	1999	1997
136	Lam Pisang I	8.2	1995	1988	1988
137	Budug	8.2	2007	1999	2004
138	Brajan	8	2013	2004	2002
139	Aek Siburburon	8	1995	1988	1989
140	Ngrawan	7.8	1996	1988	1993
141	Kali Bele	7.4	2015	2001	2017

No	Jembatan	Panjang Jembatan (m)	Tahun Konstruksi	Hasil NDVI	Hasil NDWI
142	Tarok	7.2	2012	2002	2010
143	Kebrok	7.1	2001	2000	2001
144	Jragan	7	1995	1988	1988
145	Aek Sampuran	7	1992	1989	1989
146	Desa Baru I	6.9	1990	1994	1995
147	Cikarang I	6.9	1991	1996	1997
148	Wai Kobi II	6.7	1996	1987	1991
149	Ake Alpino	6	2014	2002	2013
150	Lawe Ampera	6	2012	2012	2015

Tabel 2 Hasil estimasi tahun konstruksi jembatan untuk Jembatan Sedang
($30 < L < 100m$)

No	Jembatan	Panjang Jembatan (m)	Tahun Konstruksi	Hasil NDVI	Hasil NDWI
1	Sei Asahan B	100	2012	2000	2001
2	Pantai Usang	100	1991	1988	1990
3	Kr Rantau Panjang	100	1997	1988	1988
4	Wae Mokei	100	1990	1987	1988
5	Kalumpang	97.9	1994	1987	1988
6	Soge II	94.1	2011	2001	2000
7	Idano Mezaya	94	2012	2000	2000
8	Darmaloka II	93.5	2010	2003	2002
9	Dangkal	93.3	2011	2002	2002
10	Nanga Panda	93	1989	1987	1987
11	Aek Asahan	93	1994	1989	1988
12	Wai Uli Besar	92.7	1997	1987	1988
13	Sei Kualuh	92	1992	1988	1989
14	Kr Rasian	92	1992	1988	1988
15	Kr Panga	92	2008	2000	2000
16	Gantang Pirak	92	2008	1989	2000
17	Wai Makina	91.8	1996	1987	1988
18	Kr Lageun	90.3	2008	2000	2004
19	Lokapere	88	1995	1987	1987
20	Wora Wari	84	2012	2012	2012
21	S. Paringin	83	1991	1988	1989
22	Rami	83	1991	1989	1987
23	Cirajayu	83	1999	2001	1999
24	Ciparat	82.65	2002	2001	2000
25	Cimangke	82.1	2007	1999	1999
26	Taopa	82	1996	1994	1995
27	Progo Kranggan B	81.7	1992	1989	1988
28	Kr Meukek	81.5	1992	1988	1988
29	Air Pangri Baru	81.3	2007	1999	2004
30	Tolongano	80.5	2000	1999	1999
31	Kr Raba	80.4	2008	1999	1999
32	Seranjang	80	1992	1988	1988
33	Among Branti A	77.9	2001	2006	2001
34	Kedungsoko I	77	2000	1999	1999
35	Air Ma Enim Baru	74.8	1989	1988	1988
36	Kakap	74.2	2011	2010	2012
37	Cikaret	72.5	2012	2012	2011
38	Ciasem IIIA	72	1999	2000	2000
39	Begaluh Blimbing	71	2000	1999	2001
40	Grejag	70	1990	1994	1988
41	Kali Bekasi B	67.2	1990	1988	1988
42	Kembar	64.5	1995	1994	1994
43	Lae Ikan II	63.6	2013	2014	2014
44	Ake Gosale I	62.5	2015	2000	2000
45	Suka	62.5	1999	1999	1999
46	Endikat	61.6	1991	1991	1993
47	Lemau B	61.5	1993	1988	1988
48	Wololeba I	61.5	2001	1999	1999
49	Cimerak	61.5	2005	2002	2002
50	Ujong Pulo Cut	61.5	1991	1988	991
51	Lai Kombi	61.4	1997	1988	1988
52	W. Tembulih	61.4	1994	1988	1988
53	Lambunu	61.2	1994	1995	1995
54	Cikelet	61.1	1995	1988	1989
55	Butuh	61	1992	1995	1989
56	Kali Cijantung	61	2000	2000	2000
57	Ujong Kareung	61	1992	1990	1991
58	Sugutamu A	60.8	1990	2004	1997
59	Cikaso	60.55	2009	1999	2001
60	Wonokerto II B	60.5	1995	1987	1988
61	Wai Boti	60.3	2013	2000	1999
62	Tuntang Buyaran B	60	1994	1989	1992
63	Wilangan B	60	1992	1993	1994
64	Rasau	60	1992	1988	1988
65	Baing	57	2001	1999	1999
66	Cibungur Baru	56.3	2000	1999	2000
67	Ujong Pulo Rayeuk	56.2	1992	1991	1991
68	Kr Tangan Tangan	56	1993	1996	1988
69	Kr No	56	2009	1999	2005
70	Surumana	56	1993	1995	1997
71	Gedangan	55.8	2014	2000	2001
72	Sewo A	54	1998	1990	1988
73	Idano Sawa	53.6	2012	2000	2000

No	Jembatan	Panjang Jembatan (m)	Tahun Konstruksi	Hasil NDVI	Hasil NDWI
74	Cideres Deet	53.2	1988	1997	1988
75	Judeg III	53	1995	1997	1996
76	Kabuyutan B	52.2	1992	1995	1999
77	Kali Akelamo	52	2015	1999	2001
78	W. Magnay	51.8	1990	1990	1989
79	Inlatan	51.4	1995	1994	1994
80	Lonu	51.4	1994	1997	1995
81	Wai Miohu	51.4	1989	1987	1987
82	Bunobogu I	51.3	1995	1994	1994
83	Cipalebuh	51.3	1988	1989	1989
84	W. Biha	51.2	1993	1988	2005
85	Kr. Keumireu	51	1997	1994	1988
86	Kali Pluan	51	2013	2003	2012
87	Cidadap Jampang kulon	50.8	1992	1988	1988
88	Ake Jano	50.7	2003	2000	2001
89	Wai Isal	50.6	2010	2000	2000
90	Ake Ngisio	50.5	2014	1999	1999
91	Jeruai	50.5	1994	1989	1988
92	Bunder Baru	50.5	2007	2002	2009
93	Tamberu Alet	50.3	2011	1999	2000
94	Weling	50	2017	1999	2002
95	Kr Bakong	46.5	1992	1988	1989
96	Ake Toniku	46	2012	1999	1999
97	Tambangan Sumenep	46	2015	2001	2001
98	Martam	46	1991	2004	1997
99	Citanduy	45.9	1988	1989	1990
100	Cimari	45.6	1997	1990	1990
101	Lembang I	45.5	1991	1994	1994
102	Bedog	45.2	2000	2000	2000
103	S Gangsal	45	1995	1988	1988
104	Terusan A	45	1995	1988	1988
105	Cikubang A	43	2004	2000	2001
106	Brangkal	43	2003	2001	2002
107	Sungai Toman	41.8	1994	1989	1989
108	Motabuik	41.4	1994	1989	1988
109	Cikalobak	41	2002	2000	2001
110	Ciupas	41	1999	1999	1999
111	Cikao B	41	2004	2001	1999
112	Cidadap	40.85	1997	1990	1990
113	Cicula	40.6	2002	2000	2000
114	Lion	40.5	1998	1990	1990
115	Purwoasri II	40.5	2006	2001	2002
116	Pancuran	40.4	2005	2001	2003
117	Batang Taming	40.4	1993	1993	1993
118	Wai Taluaran I	40.2	1997	1989	1988
119	Toloun	40	1996	1997	1997
120	Waya Samtu	40	2018	1999	2016
121	Air Kikim Kecil II	40	2007	2000	2002
122	Gentong B	36.9	2013	2001	1999
123	Cilalawi Hilir A	36.7	1998	1996	1988
124	Cigadung	36.4	1993	1988	1988
125	Wolotolo	36.3	1992	1988	1987
126	Kuala Cangkul	36.3	1991	1988	1993
127	Boncong A	36.1	1999	1999	1999
128	Ake Tawakali I	36	2014	1999	1999
129	Cianjur	36	2012	2001	2001
130	S Bae Bunta	36	2001	2000	1999
131	Budduk	35.4	1994	1994	1994
132	Kraton I	35.1	2004	2003	2000
133	Mlilir	35	1993	1996	1994
134	Paiton III	35	1992	1994	1994
135	Bremi B	34.3	1995	1987	1987
136	Paluh A	32.5	1995	1991	1990
137	Batang B	32.1	1989	1990	1988
138	Larai	32	1990	1990	1989
139	Wonocoyo I	31.8	1997	1994	1994
140	Widuri B	31.6	1996	1989	1987
141	Cisarua	31	2012	2003	2001
142	Cibiuk	31	1992	1990	1989
143	Ake Rum Pasar	30.8	2015	2007	2003
144	S. Ramania	30.7	2006	2000	2002
145	Pulowatu	30.6	1992	1992	1997
146	Duren A	30.5	1995	1988	1988
147	Lolas	30.5	1993	1995	1995
148	Dingin	30.5	1993	1988	1988
149	Ake Pariwama III	30.4	2017	2001	2001
150	Ganti II	30.0	2003	2011	2019

Tabel 3 Hasil estimasi tahun konstruksi jembatan untuk Jembatan Panjang ($L \geq 100m$)

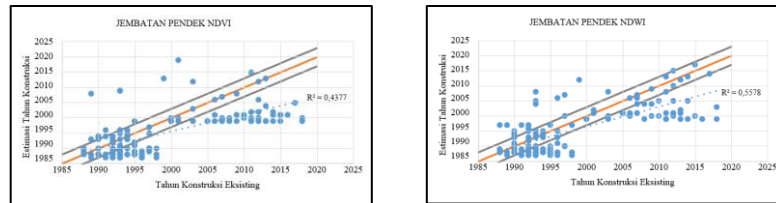
No	Jembatan	Panjang Jembatan (m)	Tahun Konstruksi	Hasil NDVI	Hasil NDWI
1	Pasupati	2800	2005	1999	2006
2	Kapuas tayan	1070	2016	2003	2015
3	Merah Putih	1060	2011	1999	2002
4	Janti Flyover	782.9	2000	2000	1999

No	Jembatan	Panjang Jembatan (m)	Tahun Konstruksi	Hasil NDVI	Hasil NDWI
5	Flyover Gebang	760	2011	2002	2000
6	Rumpiang	753	2008	1999	2003
7	Sei Rumbai Jaya	736.4	2004	2001	2001
8	Rj. Haji Fisabilill	642	1998	1988	1989
9	Kalahien	620	1998	1997	2000
10	Basirih A	600	1990	1989	1989
11	Kapuas Murung	585	1997	1989	1995
12	Anculai	582.6	2011	2005	2013
13	Martadipura	560	2006	2002	1999
14	Air Musi II	534.6	1992	1991	1993
15	Batang Hari	508	1988	1989	1989
16	Kang Boy	502.9	2011	2002	2002
17	Mahakam	460	1994	1989	1989
18	Gasing	395	1997	1989	1994
19	Mentaya	389.9	1993	1990	1993
20	Berbak	369	2003	2006	2007
21	Sultan Zainal Abid	365	1997	1988	1995
22	Sei Nilolanggam	327	1990	1990	1991
23	Lambaro	310.5	2010	1999	1999
24	Pango Raya	309.2	2011	1999	1999
25	Melawi Sintang	308.9	1993	1989	1990
26	Tk Unda A	300	2006	1999	1999
27	Flyover Dermoleng	292.4	2017	2000	2013
28	Lingkar Cianjur	289	2012	2003	2004
29	S. Martapura III	288.1	2003	2000	2002
30	Cilaki	281.85	2007	2000	1999
31	Busung	276.8	2008	2012	2012
32	Flyover Kranji	275	1994	1990	1988
33	Raja Ali Haji	270	1996	1988	1989
34	Hasan Basry	260	1991	1988	1997
35	Air Layang	258	2006	2004	2005
36	Kr Peudada	240	1993	1987	1988
37	Tambakboyo	232.2	2012	2001	2000
38	Ogan Rangka II	231.6	1994	1989	1994
39	Sei Batu Maha	231	2007	2009	2000
40	Kr Tamiang	230	1999	1999	1999
41	Ekang	225.7	2010	2002	1999
42	Bantar Baru	224	1989	1989	1988
43	Bantar III	220	2007	1999	1999
44	Uncak kapuas	217	1992	1988	1991
45	Air Ogan	206.4	2003	2001	2005
46	Cincin Baru	206	2002	1999	2001
47	Seruyan	197	1992	1991	1994
48	Sebelat	197	1991	1989	1991
49	Anggresi	187	2004	1999	1999
50	S Lariang I	185.3	2005	2000	2001
51	Sei Siak II	183	1990	1988	1989
52	S Rakit Gadang	181.4	2013	2000	2013
53	Raja Kecil	180	1996	1988	1991
54	Air Lalan	180	1992	1990	1989
55	Air Lilin	180	1992	1988	1995
56	S Tasiu	179.8	1997	1995	1996
57	Ciliman	178.2	2002	1999	1999
58	Cimadur A	178	2016	1999	1999
59	Lingkar Nagrek A	177.7	2007	2001	2002
60	S Danau Bingkuang	175	2000	2000	2002
61	Trisula Baru	171.8	2011	1999	2000
62	Engku Putri Raja H	170	2012	2002	1999
63	Kr. Jreu	169.5	1991	1989	1988
64	Air Komerang Martapura	168.9	1990	1988	1989
65	S Mapilli 2	165	2005	2000	2007
66	Nongsa	162.6	1998	1989	1989
67	Ake Pangeo	160	2016	1999	1999
68	Sei Barumun B	160	2013	1999	1999
69	Sei Ular B	159	1992	1988	1988
70	Kr Lamie	156	1994	1987	1988
71	Kr Merbau	156	2014	1999	2000
72	W. Mesuji B	154.2	2009	1999	2001
73	Silatong	154	1997	1988	1989
74	S Bottoe II	152	2001	1999	2005
75	Idano Gawo I	151	2012	2013	2007
76	Sei Teweh	150	1998	1988	1989
77	Sedayu Lawas A	150	1994	1994	1994
78	Lahar Kalasuge	150	2000	2002	2001
79	S Bottoe I	149.3	2014	1999	1999
80	Payakabung	146.2	1996	1990	1990

No	Jembatan	Panjang Jembatan (m)	Tahun Konstruksi	Hasil NDVI	Hasil NDWI
81	Ipuh	145	1991	1988	1999
82	Sei Jelarai	143	1992	1988	1989
83	Comal A	142	2000	1999	1999
84	Sei Silau 2A	142	1995	1988	1993
85	Semitan	140	2014	1999	2000
86	S Batulicin	137.5	1990	1988	1990
87	Liliba	137	1995	1987	1987
88	Air Ogan Baru	135.5	1994	1988	1988
89	Cisokan	135	2000	2000	1999
90	Nangaba	135	1989	1996	1989
91	Merangin	134.8	1989	1988	1988
92	Kaliwajo B	132.2	2013	1999	1999
93	Sei Batang Serangan B	130	2012	2000	2000
94	Besuk Kobo'an	129	1997	1995	1997
95	Cipatujah	128.75	2006	1993	2000
96	Serayu Banyumas	128.4	1992	1993	1995
97	W Mesuji A	128.1	1992	1988	1988
98	Cidamar	128	2009	1999	2003
99	Cisadea	125.4	2011	1999	2000
100	Aek Sikapas	125	1990	1989	1989
101	Cimandiri	125	1992	1988	1994
102	Cibuni	125	1990	1988	1988
103	Sangkup	125	2015	2000	2000
104	Ayong	125	1994	1991	1991
105	Wai Bubi	124.7	2010	1999	2013
106	Batang Tarusan B	123.5	2015	1999	1999
107	Wai Epe	123	1994	1991	1988
108	Kuala Ligan	122.7	2008	2002	2000
109	Kr Sabee	122.7	2008	2000	2001
110	Cikandang	122.5	2000	1999	1999
111	Citanguluk I	122.5	2004	1999	2000
112	Kr Lhok Kaca	122.3	2008	2000	1999
113	S Tangka	122.2	1995	1993	1993
114	Ciujung	122	1989	1988	1989
115	S Malunda	121.3	2010	2001	2010
116	S Takondeang	120.7	2011	2012	2013
117	Viaduct Bangkir	120	1993	1992	1992
118	Kr Lambeusoe	120	2011	1999	2000
119	Banyu Mulek 2a	120	2014	2003	2003
120	Taluditi	120	2017	2001	2003
121	Ranoyapo	120	2001	2000	1999
122	Brang Utan B	119.2	1992	1990	1987
123	Ciselang	115.8	2011	1999	1999
124	Cikaso	115.5	1988	1988	1990
125	Kaliboyo II B	114.3	1995	1989	1988
126	Air Dingin B	114	2016	1999	2005
127	Sei Batang ujuhan	113.6	2012	2012	2010
128	Nangagete A	113.5	1992	1988	1988
129	Lematan Pinang	113	1991	1988	1988
130	Cipandak	112	1990	1989	1988
131	Irung Petruk	110.5	2005	1999	1999
132	Tk Yeh Panahan B	110	1990	1994	1994
133	S Amesiu	110	1989	1988	1988
134	Lingkar Nagrek B	109.5	2007	2002	2001
135	Batang Arau A	109	2016	2000	2000
136	Pasar Usang A	108.1	2013	2000	1999
137	Cibaluk	107.85	2004	1999	1999
138	Flyover Cikarang B	107.2	2001	2012	1999
139	Kuala Bubon	105	2012	2000	2001
140	Wai Lola Besar	104.9	1996	1997	1998
141	Air Betung	103.6	1988	1987	1987
142	S Maros	103.4	1996	1994	1994
143	S Tobunne	103.3	1992	1993	1993
144	Megawaty	102.8	2007	1999	2001
145	Sambat	102.4	1993	1988	1988
146	Air Kubu	102	1992	1988	1989
147	Batang Timbulun	102	1992	1992	1988
148	AirSijuk	101.9	1992	1990	1990
149	Wai Uhu	101.9	1999	2001	1999
150	Kr Ceulala	101.8	1995	1987	1987

Keakuratan metode ini dipelajari lebih lanjut dengan membuat hubungan antara tahun konstruksi dan tahun estimasi, seperti yang terlihat pada Gambar 3

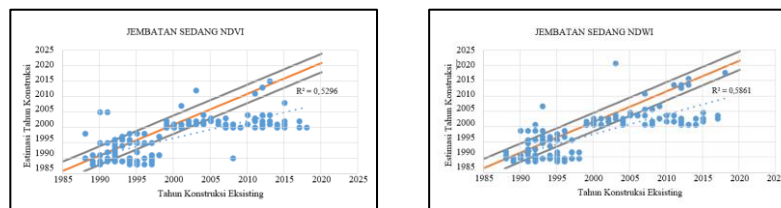
untuk kasus jembatan pendek, Gambar 4 untuk kasus jembatan sedang, dan Gambar 5 untuk kasus jembatan panjang. Sumbu x merupakan tahun konstruksi yang sebenarnya, sedangkan sumbu y merupakan estimasi tahun konstruksi. Apabila titik terletak tepat pada garis kuning, menunjukkan bahwa estimasi tahun konstruksi sama dengan tahun konstruksi yang sebenarnya. Titik terletak di antara 2 garis abu-abu menunjukkan bahwa estimasi tahun konstruksi memiliki perbedaan < 3 tahun dari tahun konstruksi yang sebenarnya. Apabila titik terletak di luar garis abu-abu menunjukkan bahwa estimasi tahun konstruksi memiliki perbedaan > 3 tahun dengan tahun konstruksi yang sebenarnya.



(a) NDVI

(b) NDWI

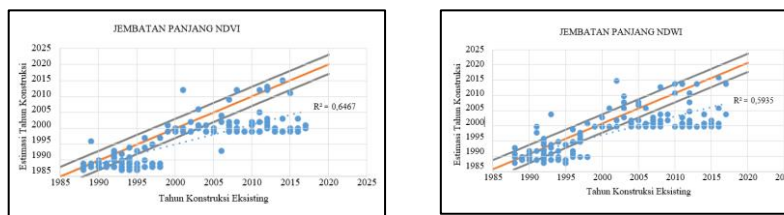
Gambar 3 Estimasi tahun konstruksi nilai NDVI dan NDWI dari tahun ke tahun untuk kasus Jembatan Pendek



(a) NDVI

(b) NDWI

Gambar 4 Estimasi tahun konstruksi nilai NDVI dan NDWI dari tahun ke tahun untuk kasus Jembatan Sedang



(a) NDVI

(b) NDWI

Gambar 5 Estimasi tahun konstruksi nilai NDVI dan NDWI dari tahun ke tahun untuk kasus Jembatan Panjang

Berdasarkan Gambar 3-5, akurasi dengan metode ini berkurang apabila panjang jembatan semakin pendek, di mana penentuan estimasi dengan membandingkan nilai NDWI lebih baik dibandingkan dengan membandingkan nilai NDVI. Pada penelitian ini, batas toleransi untuk perbedaan antara estimasi tahun konstruksi dengan tahun konstruksi yang sebenarnya adalah 3 tahun. Dengan menggunakan metode NDWI, persentase jembatan panjang yang dapat diestimasi tahun konstruksinya adalah 47%, sedangkan dengan metode NDVI, persentase jembatan panjang yang dapat diestimasi tahun konstruksinya adalah 40%. Sedangkan untuk kasus jembatan sedang, persentase jumlah jembatan yang dapat diestimasi tahun

konstruksinya adalah 46% dengan menggunakan metode NDVI, dan 47% dengan menggunakan metode NDWI. Untuk kasus jembatan pendek, persentase jumlah jembatan yang dapat diestimasi tahun konstruksinya adalah 40% dengan menggunakan metode NDVI, dan 45% dengan menggunakan metode NDWI. Gambar 3-5 menunjukkan juga bahwa metode ini cenderung mengestimasi tahun konstruksi lebih cepat dibandingkan dengan tahun konstruksi yang sebenarnya yang diperlihatkan dengan titik-titik yang cenderung berada di bawah garis kuning. Keakuratan pendekatan sebaran perbedaan antara estimasi tahun konstruksi dengan tahun konstruksi sebenarnya menggunakan metode NDWI menunjukkan persentase lebih baik dari metode NDVI. Untuk kasus jembatan panjang, persentase sebaran NDWI mencapai 63,7% dan standar deviasi 4,45, NDVI mencapai 63,05% dan standar deviasi 4,77. Untuk kasus jembatan sedang, persentase sebaran NDWI mencapai 58,61% dan standar deviasi 4,33, NDVI mencapai 52,96% dan standar deviasi 4,57. Untuk kasus jembatan pendek, persentase sebaran NDWI mencapai 55,78% dan standar deviasi 4,22, NDVI mencapai 43,7% dan standar deviasi 4,82. Hasil analisis metode NDWI lebih akurat karena perubahan wilayah air seperti sungai dan laut umumnya jarang terjadi atau terjadi dalam waktu yang sangat lama. Sementara itu metode NDVI menggunakan kondisi vegetasi seperti area hutan dan area hijau terbuka, di mana area vegetasi ini dapat berubah total menjadi kawasan hunian akibat pertumbuhan penduduk dan ekonomi di sekitarnya. Kesalahan dalam estimasi seringkali dipengaruhi faktor alam terutama adalah hambatan awan. Adanya awan menyebabkan pembacaan titik target bergeser jauh dari titik referensi. Hal lain penyebab *error* adalah Landsat 7 merupakan citra multispektral yang memiliki resolusi 30 m atau resolusi spasial rendah dengan resolusi spektral tinggi yang mempunyai citra yang berwarna. Resolusi pada satelit dapat diperbaiki dan ditingkatkan dengan menambah citra pankromatik yang dimiliki Landsat 8.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Estimasi tahun konstruksi jembatan dengan remote sensing dapat menggunakan metode NDWI dan NDVI untuk bentangan jembatan panjang. Sementara itu, untuk jembatan bentangan pendek dan bentangan sedang dianjurkan menggunakan metode NDWI untuk mendapatkan hasil perkiraan tahun konstruksi lebih tepat tanpa datang ke lokasi jembatan secara fisik. Hal ini membantu proses identifikasi usia jembatan. Dan hasil estimasi tersebut dapat dikaitkan dengan usia pakai, dan dikembangkan rencana sistem operasi dan manajemen pemeliharaan jembatan tersebut.

4.2 Saran

Satelit yang digunakan sebaiknya menggunakan Landsat terkini misalnya Landsat 8. Resolusi satelit bisa diperbaiki dengan menambah citra pankromatik. Dengan resolusi spektral tinggi dan citra berwarna. Pengenalan objek akan semakin tajam yang seringkali disebut *pan sharpening*. Alangkah baik jika jumlah titik referensi ditambah untuk mendapatkan keakuratan estimasi tahun konstruksi. Diharapkan index tersebut dapat mengidentifikasi jenis material obyek yang ditinjau. Hal ini bertujuan membuat prediksi (*forecasting*) sistem operasi dan manajemen pemeliharaan konstruksi tinjauan (PUPR, 2018)

Daftar Kepustakaan

- Alamsyah, J., 2020. *Estimasi Tahun Konstruksi Jembatan di Indonesia Menggunakan Analisis Data Satelit Landsat*. Skripsi ed. Bandung: Universitas Katolik Parahyangan.
- Bhandari, A. K., Kumar, A. & Singh, G. K., 2012. Feature Extraction using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): A case study of Jabalpur city.. *Procedia technology*, pp. 612-621.
- Brown, G. W., 1982. Standard Deviation, Standard Error. *Am J Dis Child*, Volume 136, pp. 937-941.
- Buiten, H. J. & Clevers, J. G. P. W., 1993. *Land Observation by Remote Sensing: Theory and Applications*. s.l.:Gorden & Breach.
- Campbell, J. B. & Wynne, R. H., 2011. *Introduction to Remote Sensing*. 5th ed. New York: Guilford Press.
- Chander, G., Markham, B. L. & Helder, D. L., 2009. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Environment*, Volume 113, pp. 893-903.
- Ernst, C. et al., 2013. National forest cover change in Congo Basin: deforestation, reforestation, degradation and regeneration for the years 1990, 2000 and 2005. *Global Change Biology*, April, 19(4), pp. 1173-1187.
- Fadli, A. H., Kosugo, A. & Ramli, R., 2018. Satellite-based monitoring of forest cover change in Indonesia using google earth engine from 2000 to 2016.. *Journal of Physics: Conference Series*.
- Gao, B., 1996. NDWI - A Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water From Space. *Remote Sensing of Environment*, 58(3), pp. 257-266.
- Hashim, H., Latif, Z. A. & Adnan, N. A., 2019. *Urban Vegetation Classification With NDVI Threshold Value*. Kuala Lumpur, 6th International Conference on Geomatics and Geospatial Technology (GGT 2019).
- Janssen, L. L. F. et al., 2001. *Principles of Remote Sensing*. 2nd ed. Netherlands: ITC.
- Jiang, Y. & Sinha, K. C., 1989. Bridge Service Life Prediction Model using the Markov Chain.. *Transportation research record*, Issue 1223, pp. 24-30.
- Kumar, N., S.S., Y. & A., V., 2015. Applications of Remote Sensing and GIS in Natural Resource Management. *Journal of the Andaman Science Association*, 20(1), pp. 1-6.
- Landsat Science, n.d.. *Landsat Science*. [Online] Available at: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/about> [Accessed 5 September 2020].
- PUPR., 2018. *Materi Suplemen Pengetahuan Pembekalan Keprofesian: Pemeliharaan Jembatan*.. Jakarta Indonesia: Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Indonesia.
- Pusat Komunikasi Publik, 2007. *Jumlah Jembatan di Indonesia Relatif Sedikit* [online] 13 September.. [Online] Available at: <https://www.pu.go.id/berita/view/1037/jumlahjembatan-di-indonesia-relatif-sedikit> [Accessed 3 Maret 2024].

- Sovisoth, E. et al., 2019. *Estimation of the Bridge Construction Year in Cambodia by Analysis of Landsat Satellite Data*. Sapporo, Japan Concrete Institute.
- Struyk, H., 1984. *Jembatan*. Jakarta: P.T. Pradnya Paramita.
- Supriyadi, 2007. *Jembatan*. Yogyakarta: Betta Offset.
- U.S Geological Survey, n.d. *U.S Geological Survey official*. [Online] Available at: https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-normalized-difference-vegetation-index?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con [Accessed Desember 2019].
- U.S.G.S., 2016. *Landsat-Earth Observation Satellites*. [Online] Available at: <https://pubs.usgs.gov/fs/2015/3081/fs20153081.pdf> [Accessed 8 June 2020].
- Vaza, H., 2016. Research on the Improvement of Bridge Management System 1992. *Case of Bridge Condition Assessment in the Decentralized Indonesia*, pp. 24-25.
- Vaza, H., Sastrawiria, R. P., Halim, H. A. & Septinurriandiani, 2017. *Identifikasi Kerusakan & Penentuan Nilai Kondisi Jembatan*. 1st penyunt. s.l.:s.n.
- Xian, G. & Crane, M., 2005. Assessments of Urban Growth in the Tampa Bay Watershed using Remote Sensing data.. *Remote Sensing of Environment*, 97(2), pp. 203-215.
- Yugiantoro, H., t.thn. *NSPK Jembatan*. [Online] Available at: http://nspkjembatan.pu.go.id/public/uploads/elearning/1556255146lecture_6.1_-_dasar_perencanaan_bangunan_atas.pdf [Diakses 26 Maret 2020].