

Analisis Kekuatan Pelat Lantai Dermaga di Pelabuhan Ciwandan Banten Terhadap Penambahan BMC

Nusa Setiani*, Galih Pribadi, Achmad Romdhansyah,
Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Krisnadwipayana, Indonesia
nusasetiani@yahoo.com

Abstrak

Dermaga 005B berada di Pelabuhan Indonesia II (Persero) Cabang Banten dan memiliki panjang 300 meter dan lebar 44 meter. Rencananya pada Dermaga 005B akan diletakkan 1 (satu) unit *Harbour Mobile Crane* (HMC) merk LHM 420 sebagai alat penunjang kegiatan bongkar dan muat dari dan ke kapal. HMC ini tentu memiliki spesifikasi dan kapasitas tertentu, sehingga harus diperhitungkan dengan baik terhadap penambahan beban yang mampu diterima oleh pelat lantai Dermaga 005B. Metode penelitian yang digunakan adalah kualitatif deskriptif. HMC ini mampu memikul beban maksimal sebesar 124 ton pada jarak 12 sampai dengan 16 meter. Dengan berat sendiri HMC sebesar 371 ton dan asumsi berat manusia sebesar 0,4 ton/meter², maka total berat HMC yang diterima pelat lantai adalah sebesar 22,68 ton/meter². Dengan menggunakan aplikasi komputer SAP 2000 versi 22, didapatkan gaya-gaya dalam *ultimate* akibat beban pada pelat lantai tersebut yaitu momen *ultimate* sebesar 7,27 ton.meter, gaya geser *ultimate* sebesar 7,61 ton dan batas lendutan sebesar 7,17 mm. Kemudian dihitung kembali kapasitas pelat lantai eksisting sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI), didapatkan gaya-gaya dalam yang mampu dipikul oleh pelat lantai tersebut yaitu momen pelat sebesar 18,49 ton.meter, gaya geser pelat sebesar 22,38 ton dan batas lendutan pelat sebesar 14,58 mm. Sehingga dapat disimpulkan pelat lantai Dermaga 005B mampu memikul beban *Harbour Mobile Crane* (HMC).

Kata kunci: Pelabuhan, lantai, dermaga, kapal, crane, beban, HMC.

Abstract

Pier 005B is located at Pelabuhan Indonesia II (Persero) Branch of Banten and has a length of 300 meters and a width of 44 meters. It is planned that at Pier 005B, will be putted 1 (one) unit of Harbor Mobile Crane (HMC) brand LHM 420 will be placed as a supporting tool for loading and unloading activities from and to ships. This HMC certainly has certain specifications and capacities, so it must be calculated properly against the additional load that can be accepted by the floor slab of Pier 005B. The research method used is descriptive qualitative. This HMC is capable of carrying a maximum load of 124 tons at a distance of 12 to 16 meters. With the HMC's own weight of 371 tons and the assumption of a human weight of 0.4 tons/meter², the total weight of HMC received by the floor slab is 22.68 tons/meter². By using the SAP 2000 version 22 computer application, the ultimate internal forces due to the load on the floor slab are the ultimate moment of 7.27 ton.meter, the ultimate shearing force of 7.61 tons and the limit of deflection of 7.17 mm. Then re-calculated the capacity of the existing floor slab in accordance with the Indonesian National Standard (SNI), obtained the internal forces that can be borne by the floor slab, namely the slab moment of 18.49 ton.meter, plate shear force of 22.38 ton and the deflection limit. plate by 14.58 mm. So it can be concluded that the floor slab of Pier 005B is capable of carrying the Harbor Mobile Crane (HMC) load.

.Keywords: Pier, slab, crane, ships, load, HMC.

1. PENDAHULUAN

Dermaga 005B milik PT Pelabuhan Indoensia II (Persero) Cabang Banten direncanakan akan diletakkan 1 (satu) unit *Harbour Mobile Crane* (HMC) sebagai alat penunjang bongkar muat dari dan ke kapal. Sebelum rencana tersebut direalisasikan, perlu dilakukan kajian untuk mengetahui kapasitas teknis struktur dermaga, khususnya pelat lantai dermaga tersebut. Oleh sebab itu pada penelitian ini dilakukan kajian kapasitas teknis dermaga untuk mengetahui kondisi struktur dermaga eksisting. Perhitungan gaya-gaya dalam pelat lantai akibat beban akan diperhitungkan menggunakan aplikasi SAP 2000 versi 22 dan dibandingkan dengan perhitungan gaya-gaya dalam pelat lantai dermaga eksisting berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI). Selain itu, dermaga ini dibangun tahun 2011 dan akan digunakan pada tahun 2022, kemungkinan daya dukung teknisnya telah menurun. Oleh sebab itu, kajian terkait kapasitas teknis dermaga eksisting mutlak untuk dilakukan untuk menjamin keamanan operasional kapal di dermaga.

2. TINJAUAN PUSTAKA

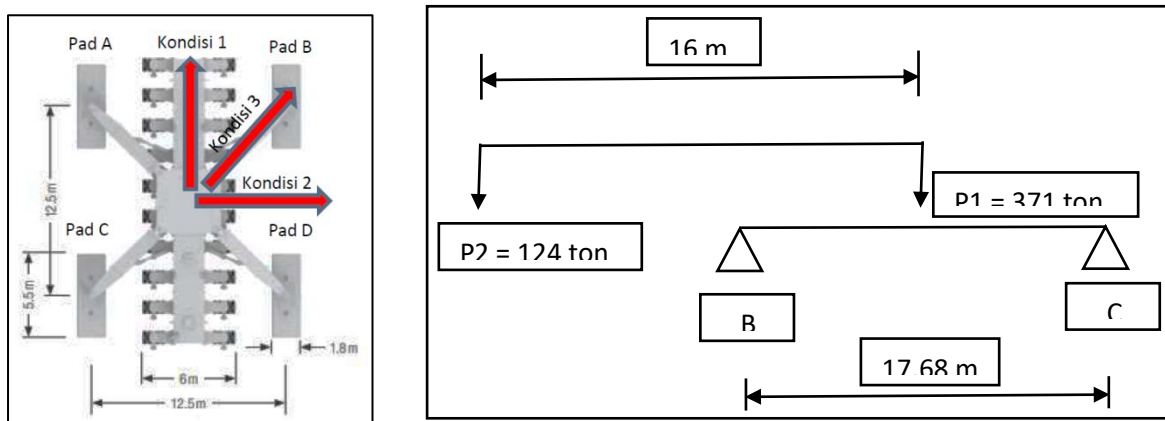
Dermaga Pelabuhan adalah suatu struktur fasilitas pelabuhan yang dibangun di laut atau sungai yang menghubungkan bagian darat dan terdiri dari bangunan atas yang dibuat dari balok, pelat lantai dan tiang pancang yang mendukung bangunan di atasnya. Konstruksi dermaga diperlukan untuk menahan gaya-gaya akibat tumbukan kapal dan beban selama proses bongkar muat barang. Dalam merencanakan dermaga pelabuhan ada beberapa tahapan yang harus dilakukan yaitu survei, analisis dan detail desain. Perencanaan konstruksi dermaga harus memperhatikan prinsip-prinsip desain konstruksi dermaga yang standar, perencanaan pembebanan di dermaga yang akan dibangun, gaya-gaya eksternal yang bekerja pada dermaga tersebut, dan penentuan desain komponen-komponen konstruksi dermaga.

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah kualitatif deskriptif yaitu berupa penelitian dengan metode atau pendekatan studi kasus (*Case Study*). Penelitian ini memusatkan diri secara intensif pada satu obyek tertentu yang mempelajarinya sebagai suatu kasus. Data pendukung yang digunakan dalam penelitian ini berupa data hasil survei lapangan berupa spesifikasi crane, dimensi dermaga dan tiang pancang dan mutu beton dan baja dermaga eksisting. Penelitian ini dimulai dari pengumpulan data meliputi data spesifikasi *crane*, layout dan dimensi dermaga dan struktur dermaga. Selanjutnya dilakukan perhitungan beban mati dan beban hidup yaitu beban *crane* dan manusia sebagai beban kritis. Selanjutnya dilakukan pemodelan dermaga menggunakan aplikasi SAP 2000 dan dilanjutkan dengan penginputan beban dan *running model*. Kemudian dibandingkan dengan gaya-gaya dalam eksisting terhadap beban berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI), sehingga diperoleh kapasitas teknis struktur pelat lantai dermaga.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Dari brosur spesifikasi *crane* didapatkan bahwa berat sendiri *crane* adalah sebesar 371 ton, sedangkan beban maksimal yang mampu di angkat oleh *crane* adalah sebesar 124 ton pada jarak *boom* 12 s.d 16 meter.



Gambar 4.1 Kondisi Pembebanan *Crane* Saat Mengangkat Beban

Dari ketiga kondisi *boom crane* saat mengangkat beban, kondisi 3 yaitu 45 derajat antara kondisi 1 dan kondisi 2 adalah kondisi kritis dimana beban *crane* bertumpu pada salah satu kaki/pada *crane* paling besar. Dengan menggunakan persamaan *momen* maka didapatkan hasil sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \sum M_C &= 0 \\ -V_B \cdot 17,68 + \frac{1}{4} \cdot P1 \cdot \left(\frac{17,68}{2}\right) + P2 \cdot \left(r + \left(\frac{17,68}{2}\right)\right) &= 0 \\ 17,68 V_B &= 92,75 \cdot 8,84 + 124 \cdot 24,84 \\ V_B &= \frac{3900,07}{17,68} \\ V_B &= 220,59 \text{ ton} \\ \text{Beban merata di atas pad B (Dimensi pad crane 5.5. x 1.8 m) :} &= \frac{220,59}{(5,5 \cdot 1,8)} \\ &= 22,28 \text{ ton / m}^2 \end{aligned}$$

maka beban yang diinput sebagai Beban Hidup (LL) pada aplikasi SAP 2000 adalah beban maksimal *crane* yaitu sebesar 22,28 t/m² ditambah beban orang dengan asumsi 4 orang per m² maka :

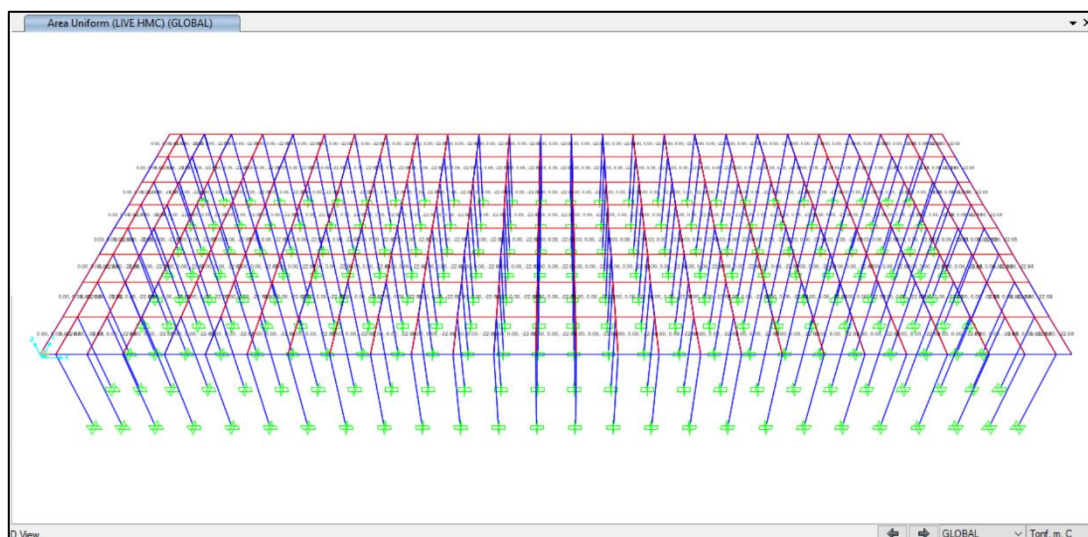
$$\begin{aligned} \text{Total Beban Hidup Kritis (LL)} &= 22,28 \text{ ton/m}^2 + (4 \cdot 0,1 \text{ ton/m}^2) \\ &= 22,68 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk Beban Mati (berat sendiri struktur) akan diperhitungkan sendiri secara otomatis oleh aplikasi SAP 2000.

Data spesifikasi struktur dermaga tersebut adalah sebagai berikut :

- Panjang dermaga = 300 meter
- Lebar dermaga = 44 meter
- Tebal pelat lantai = 0,4 meter
- Ukuran balok = 1,2 x 1,8 meter
- Ukuran pondasi = diameter 0,9 meter
- Mutu beton, *f'c* = K-350
- Mutu baja, *fy* = 400 mpa
- Tulangan 1 lapis arah x = y = D19 – 150
- Panjang pelat lantai = 5,25 meter
- Lebar pelat lantai = 4 meter

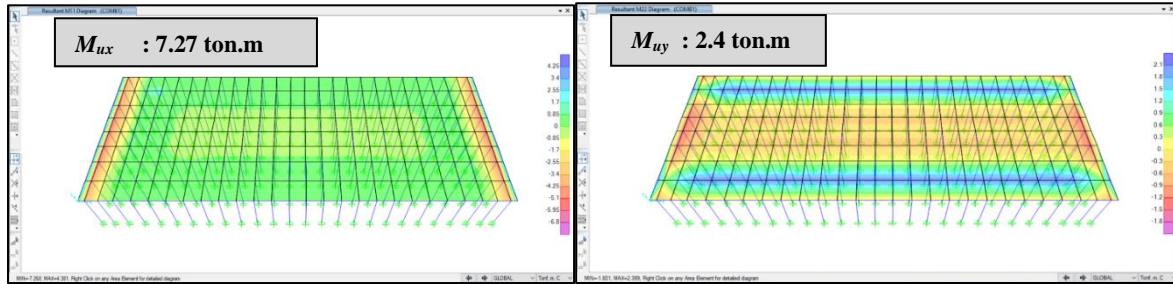
Selanjutnya dilakukan pemodelan struktur dermaga menggunakan aplikasi SAP 2000 sebagai berikut :



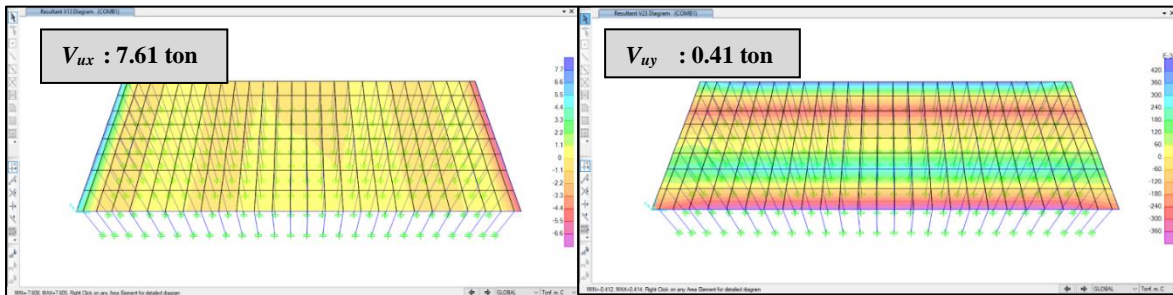
Sumber : Penulis

Gambar 4.2 Pemodelan Struktur Dermaga pada SAP 2000

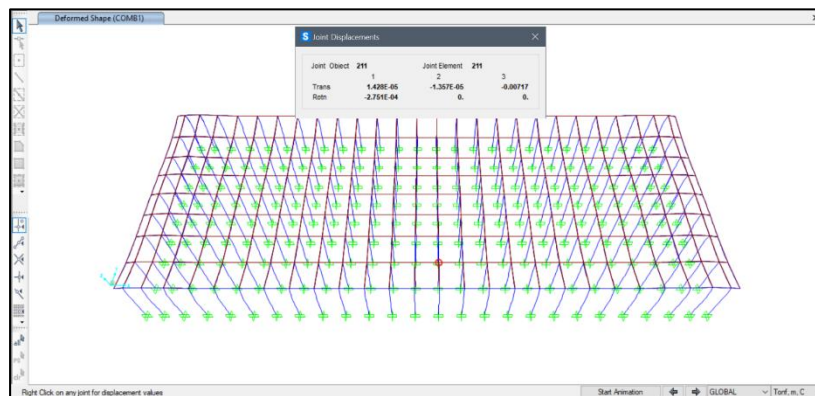
Setelah *running model* dengan input beban 1,2 DL + 1,6 LL maka didapatkan hasil gaya-gaya dalam akibat beban pada SAP 2000 adalah sebagai berikut :



Gambar 4.3 Momen *ultimate* arah x dan y



Gambar 4.4 Gaya geser *ultimate* arah x dan y



Gambar 4.5 Lendutan maksimum

Kemudian gaya-gaya dalam pelat lantai dermaga eksisting dihitung berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk mengetahui kapasitas teknis struktur pelat lantai dermaga terhadap pembebanan *crane*.

Pelat lantai menyatu dengan balok, sehingga :

$$Lny = [5250 - 2 \cdot (1200/2)] \text{ mm} = 4050 \text{ mm}$$

$$Lnx = [4000 - 2 \cdot (1200/2)] \text{ mm} = 2800 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{4050}{2800} = 1,45 < 2$$

$$h_{\min} \geq \frac{\text{Ln} (0,8 + \frac{fy}{1500})}{36 + 9 \beta} \geq \frac{4050 (0,8 + \frac{400}{1500})}{36 + 9 \cdot 1,45} \geq 88,07 \text{ mm}$$

$$h_{\max} \geq \frac{\text{Ln} (0,8 + \frac{fy}{1500})}{36} \geq \frac{4050 (0,8 + \frac{400}{1500})}{36} \geq 120 \text{ mm}$$

Dipakai tebal pelat (h) 400 mm = 40 cm untuk lantai dermaga

$$\text{Tinggi Efektif (d}_{\text{eff}}) = h - \text{decking} - \frac{1}{2} \cdot \phi$$

$$= 400 - 70 - \frac{1}{2} \cdot 19$$

$$= 320,5 \text{ mm}$$

Momen Nominal Rencana (Mn)

$$Mn = \frac{Mu}{\phi}$$

$$= \frac{15,27}{0,85}$$

$$= 17,965 \text{ ton.m}$$

Faktor Tahanan Momen (Rn)

$$Rn = \frac{Mn}{b.d.d}$$

$$= \frac{17,965}{1 \cdot (0,3205 \cdot 0,3205)}$$

$$= 174,890 \text{ ton.m}$$

Rasio Tulangan yang diperlukan adalah :

$$\rho_{min} = 0,0025$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Rn}{0,85 f_c'}} \right)$$

$$= \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Rn}{0,85 f_c'}} \right)$$

$$= \frac{0,85 \cdot 30}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 174,890}{0,85 \cdot 3000}} \right)$$

$$= 0,06375 \cdot (1 - \sqrt{0,863})$$

$$= 0,06375 \cdot 0,07111$$

$$= 0,004533$$

$$\rho_b = \beta \cdot \frac{0,85 \cdot f_c'}{240} \cdot \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= 0,85 \cdot \frac{0,85 \cdot 30}{240} \cdot \frac{600}{600 + 400}$$

$$= 0,85 \cdot 0,10625 \cdot 0,6$$

$$= 0,05419$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$= 0,75 \cdot 0,05419$$

$$= 0,04064$$

Karena, $\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$
 $0,0025 < 0,004533 < 0,04064$ Maka Pakai ρ_{perlu}

Menghitung luas tulangan :

$$As = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d_{eff}$$

$$= 0,004533 \cdot 1000 \cdot 320,5$$

$$= 1452,827 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 19^2 \cdot 1000}{1452,827}$$

$$= \frac{283642,857}{1452,827}$$

$$= 195,235 \text{ mm}$$

$$S_{pakai} = 150 \text{ mm}$$

$$AS_{pakai} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 19^2 \cdot 1000}{150}$$

$$= \frac{283642,857}{150}$$

$$= 1890,952 \text{ mm}^2$$

$$= 0,001890952 \text{ m}^2$$

Karena, $A_s \text{ pakai} > A_s$, maka digunakan tulangan $\phi 19 - 150$

$$\begin{aligned} T &= A_s \text{ pakai} \cdot f_y \\ &= 0,001890952 \cdot 40000 \\ &= 75,638 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{T}{0,85 \cdot f_c' \cdot 1} \\ &= \frac{75,638}{0,85 \cdot 3000 \cdot 1} \\ &= \frac{2550}{75,638} \\ &= 0,029662 \text{ m} \\ &= 29,662 \text{ mm} \end{aligned}$$

Cek kemampuan nominal pelat lantai dermaga

$$\begin{aligned} M_n &= T \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \cdot 0,8 \\ &= 75,638 \cdot \left(320,5 - \frac{29,662}{2} \right) \cdot 0,8 \\ &= 75,638 \cdot 305,669 \cdot 0,8 \\ &= 18,496,154 \text{ ton.m} \\ &= 18,496 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n \text{ (nominal)} &> M_u \text{ (ultimate)} \\ 18,496 \text{ ton.m} &> 7,27 \text{ ton.m} \text{ -----> (OK)} \end{aligned}$$

Perhitungan & Kontrol Kapasitas Geser Pelat Lantai

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \cdot \rho \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \\ &= 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \cdot 1000 \cdot 320,5 \\ &= 298,427 \text{ kN} \\ &= 29,843 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,75 \cdot 29,843 \\ &= 22,382 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c \text{ (nominal)} &> V_u \text{ (ultimate)} \\ 22,382 \text{ ton} &> 7,61 \text{ ton} \text{ -----> (OK)} \end{aligned}$$

Kontrol Batas Lendutan Pelat Lantai

$$\begin{aligned} \text{Batasan Lendutan, } \Delta &= \left(\frac{\text{Bentang Pelat (L)}}{360} \right) \\ &= \left(\frac{5,250 \text{ mm}}{360} \right) \\ &= 14,583 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_n \text{ (nominal)} &> \delta_u \text{ (ultimate)} \\ 14,583 \text{ mm} &> 7,17 \text{ mm} \text{ -----> (OK)} \end{aligned}$$

5. Kesimpulan.

Berdasarkan keseluruhan hasil penelitian diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- Momen / kapasitas lentur pelat lantai dermaga 005B ini adalah sebesar 18,496 ton.m sedangkan momen ultimate akibat beban bekerja adalah 7,27 ton.m ; maka dapat disimpulkan pelat memenuhi syarat untuk dapat memikul beban bekerja dengan angka keamanan momen 1 : 2,54;
- Kapasitas geser penampang pelat lantai dermaga 005B ini adalah sebesar 22,382 ton sedangkan Kapasitas geser *ultimate* akibat beban bekerja adalah 7,61 ton ; maka dapat disimpulkan pelat memenuhi syarat untuk dapat memikul beban bekerja dengan angka keamanan geser 1 : 2,94;

- c. Batasan lendutan maksimum dari pelat lantai dermaga 005B ini adalah sebesar 14,583 mm sedangkan Batasan lendutan akibat beban bekerja adalah 7,17 mm; maka dapat disimpulkan pelat memenuhi syarat untuk dapat memikul beban bekerja dengan angka keamanan lendutan 1 : 2,03.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, S, 2013, "Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik", Edisi Revisi, Jakarta, PT. Rineka Cipta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2013, "Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung", Jakarta, BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, 2019, "Tata Cara Perencanaan Ketahanan *Gempa* untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung", Jakarta, BSN.
- Ir. Saputro, Suwandi, 1999, "Perancangan Teknis Dermaga", Jakarta.
- Kramadibrata, Soedjono, 2002, "Perencanaan Pelabuhan", Bandung, ITB.
- McCormac, Jack C, 2004, "Desain Beton Bertulang", Edisi Kelima, Jakarta, Erlangga.
- Peraturan Pemerintah, 2009, No. 61, "Kepelabuhanan", Jakarta.
- Prof. Dr. Sugiyono, 2014, "Metode Penelitian Pendidikan", Cetakan ke-19, Bandung, Alfabeta.
- The Overseas Costal Area Development Institute Of Japan, 2002, "*Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour in Japan*", Japan, Daikousha Printing Co., Ltd.
- Triatmodjo, Bambang. 2010, "Pelabuhan", Yogyakarta, Beta Offset.