

PERANCANGAN KONSTRUKSI PENOPANG UNIT INSTALASI PENGOLAH AIR (IPA) MOBILE KAPASITAS 5 LPD

Alexius Leonardo Johanis¹, Bagus Budiwantoro^{*2}

¹Jurusan Tek. Mesin Politeknik Negeri Kupang

^{*2}FTMD ITB

¹e-mail: alexjohanis160805@gmail.com

Abstrak

Instalasi pengolahan air kotor menjadi air (IPA) berfungsi untuk mengolah air kotor menjadi air bersih yang dapat digunakan/dikonsumsi sesuai standar kualitas air yang berlaku. IPA Mobile adalah unit IPA yang dapat dipindahtempatkan dalam keadaan kosong dengan menggunakan kendaraan pengangkut namun ketika IPA Mobile dioperasikan diatas kendaran pengangkut makan akan terisi penuh oleh air olahan dan bobot total Unit IPA melebihi batas kemampuan angkut kendaan pengangkut dan kendaraan pengangkut tidak dapat digunakan untuk kegiatan lain. Dirancang konstruksi penumpu IPA mobile dengan mekanisme *slidding* dan *retractable* sehingga kendaran pengangkut dapat dibebaskan dari unit ipa saat dioperasikan. Konstruksi penumpu terdiri dari *bed*, kaki penumpu dan ekstensi, dibuat dari kombinasi plat baja (BJ37), kerangka baja CHR dan HRS (BJ47) dengan sambungan las. Autodesk INVENTOR dan ANSYS digunakan untk membuat pemodelan 3D dan stress Analisis.

Kata kunci: IPA Mobile, Stress Analisis, Desain Konstruksi, Elemen Hingga.

PENDAHULUAN

Instalasi Pengolahan Air (IPA) yang bersifat dapat dipindahtempatkan (*Mobile*) sangat efektif untuk dioperasikan pada daerah-daerah tertentu dan pada kondisi-kondisi tertentu, contohnya pada kondisi tanggap bencana banjir ataupun gempa bumi yang pada umumnya disertai dengan lumpuhnya infrastruktur penunjang pelayanan kebutuhan masyarakat seperti terputusnya akses jalan maupun hilangnya akses pada sumber air bersih. Umumnya sebuah unit IPA Mobile dengan kapasitas produksi yang besar dibawa ke lokasi pengoperasian menggunakan kendaraan truk pengangkut.



Gambar 1. Pemandangan Unit IPA Mobile menggunakan Truk Pengangkut

Konstruksi IPA portable umumnya menggunakan plat baja yang dilas pada rangka berupa batang profil baja, ketika dioperasikan maka IPA akan terisi penuh air olahan dan bobotnya mencapai 8700 kg sehingga melebihi kapasitas dari kendaran pengangkut, selain itu ketika kebutuhan untuk Unit IPA beroperasi dalam waktu yang lama maka akan sangat tidak efisien jika kendaran pengangkut hanya berfungsi sebagai penumpu IPA.



Gambar 2. Kondisi Ipa Mobile saat beroperasi

Dalam penelitian ini dilakukan perancangan konstruksi kerangka penumpu IPA yang mampu menggantikan fungsi mobil pengangkut sebagai tumpuan Unit IPA saat

beroperasi. Kerangka penumpang didesain untuk dapat dibawa bersama unit IPA ke lokasi penempatan yang kemudian kendaraan pengangkut dapat dibebaskan dari konstruksi unit IPA sehingga kendaraan dapat dimanfaatkan untuk kegiatan lainnya selama IPA beroperasi.

METODE PENELITIAN

Perancangan dilakukan dengan pemodelan 3D menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor dan Analisa kekuatan material metode Elemen Hingga menggunakan perangkat lunak Ansys 16.

Unit IPA yang dimodelkan adalah IPA Mobile yang dikembangkan oleh PT. Tekno Mas Tirta - Bandung dengan spesifikasi seperti tertera pada tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Unit IPA 5 LPD

No	Uraian	Keterangan
1	Kapasitas Produksi	5 liter /detik
2	Konstruksi	Rangka dan Plat Baja
3	Proses Pengolahan	Koagulasi, Quick Sand Filtration
4	Dimensi (PxLxT)	4,50mx2,10m x2,98m
5	Bobot (Kosong)	4 Ton

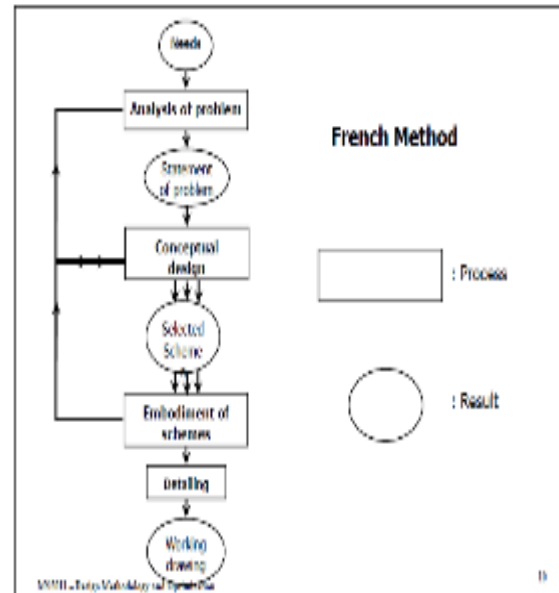
Unit IPA diangkut menggunakan truk Model Dyna 115 ET dengan *Groth vehicle Mass (GVM)* sebesar 7500kg, *curb mass* 2025kg, lebar karesori = 1847mm, panjang laresori 4287mm. Bentuk dan dimensi kendaraan pengangkut seperti pada gambar 3.(Sidabutar,2007).



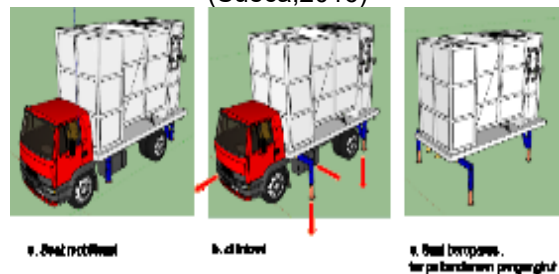
Gambar 3. Kendaraan pengangkut

1. Konsep perancangan

Tahapan perancangan dalam penelitian ini mengikuti alur desain yang dikenal sebagai *French Method* seperti pada gambar 4, sedangkan konsep desain kaki penumpang IPA digambarkan seperti pada gambar 5.



Gambar 4. Diagram Alir French Method (Sueca,2016)



Gambar 4. Desain kaki penumpang IPA

2. Bentuk Umum Kriteria Kegagalan

Saat menerapkan kriteria *yielding*, tahanan material diberikan oleh *yield strengthnya*. *Yield strength* umumnya dinyatakan berdasarkan *yield strength* dari uji tarik σ_o . Sedangkan saat menerapkan kriteria *fracture*, *ultimate tensile strength* σ_u yang dipergunakan. Harus diperhatikan, bahwa pada saat uji tarik pada material yang getas, *yielding* agak sulit ditentukan, dan *ultimate strength* serta *fracture* terjadi pada titik yang sama. Oleh karena itu, menggunakan σ_u pada material yang getas sama saja dengan menggunakan *fracture strength* σ_f . Kriteria kegagalan pada material isotropik dalam bentuk persamaan matematis dapat diekspresikan sebagai :

$$f(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3) = \sigma_c \quad (\text{saat gagal}) \quad (1)$$

yang mana gagal (*yielding* atau *fracture*) diprediksi akan terjadi saat fungsi matematis khusus f dari *principal normal stress* sebanding dengan *failure strength* material, σ_c dari uji tarik uniaksial. *failure strength* dapat berupa *yield strength* maupun *ultimate strength*, tergantung pada kondisi mana yang lebih disukai antara *yielding* atau *fracture*. Saat persamaan (1) diplot pada ruang tegangan normal utama, pada koordinat 3D dari σ_1, σ_2 dan σ_3 , fungsi f membentuk bidang yang disebut bidang gagal (*failure planes*). Jika misalnya pada satu titik komponen diberikan beban dengan harga masing-masing $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$, dan properti material diketahui σ_c serta diketahui letak fungsi f yang telah diberikan, sangatlah berguna dengan mendefinisikan suatu tegangan efektif $\bar{\sigma}$, yang merupakan harga numerik tunggal yang mewakili tegangan yang timbul.

$$\bar{\sigma} = f(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3) = \sigma_c \quad (2)$$

$$\bar{\sigma} = \sigma_c \quad (\text{saat gagal})$$

Gagal tidak terjadi saat $\bar{\sigma} < \sigma_c$

Sehingga faktor keamanan, SF akan diperoleh sebesar :

$$SF = \frac{\sigma_c}{\bar{\sigma}} \quad (3)$$

Sebagai contoh jika $SF = 2$, maka beban yang diberikan bisa sampai dua kali lipat sebelum kegagalan diperkirakan terjadi. (Dowling, 1993)

Tabel 1. Sifat Mekanis baja struktural

Jenis baja	Tegangan putus minimum, f_u (MPa)	Tegangan leleh minimum, f_y (MPa)	Regangan minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

(SNI7505, 2011)

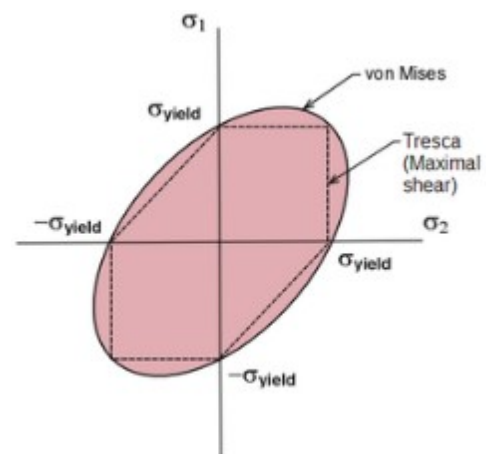
4. Kriteria Kegagalan Von Mises

Kriteria Tegangan Von Mises adalah salah satu kriteria yang banyak digunakan untuk merancang komponen rekayasa material

ulet. Untuk menilai apakah suatu desain berada dalam batas desain dan akan bekerja dengan aman selama masa pakai desainnya, Kriteria Stres Von Mises terbukti sangat efektif. Konsep tegangan Von Mises dikembangkan dari teori energi distorsi dan teori kegagalan yang sangat disukai yang digunakan dalam industri desain mekanik.

Persamaan matematis von mises untuk menghitung besar tegangan yang terjadi pada *plane stres* adalah sebagai berikut;

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1\sigma_2} \quad (4)$$



Gambar 5. Wilayah kegagalan untuk kriteria tegangan geser Von mises, dibandingkan dengan kriteria Tresca (geser maksimum)

4. Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga membagi komponen teknik menjadi elemen-elemen dengan bentuk yang sederhana, kemudian tegangan dan perpindahannya dipresentasikan dengan aproksimasi, pada umumnya menggunakan fungsi polinomial dari posisi. Sebagai contoh pada kasus yang paling sederhana maka tegangan pada setiap elemen diasumsikan sama. (J.R.Barber, 2010)

Proses pengerjaan elemen hingga pada perangkat lunak dibagi menjadi tiga langkah yaitu, *pre processor*, *solution process* dan *post processor* seperti pada **Error! Reference source not found.** *Pre processor* adalah proses pembuatan geometri, pemilihan tipe elemen, diskritisasi domain, pemilihan material, pemberian beban dan penentuan kondisi batas. Berdasarkan tahap *pre processor* ini, maka perangkat lunak akan membuat persamaan

kesetimbangan yang akan menghasilkan solusi berupa nilai perpindahan, temperatur, dll. *Post processor* merupakan tahap terakhir dimana parameter-parameter yang dibutuhkan akan ditampilkan, seperti distribusi tegangan, perpindahan atau distribusi fluks panas. Pusat dari solusi elemen hingga adalah penggunaan elemen-elemen untuk mewakili suatu domain (sistem yang akan dianalisis) (Kuntjoro, 2005). Setiap elemen akan memiliki persamaan pada setiap nodal-nodal di elemen tersebut. Secara umum persamaan pada suatu elemen yang dikenai gaya tertentu memiliki bentuk seperti pada Persamaan (5).

$$\{f\} = [k] \{d\} \tag{5}$$

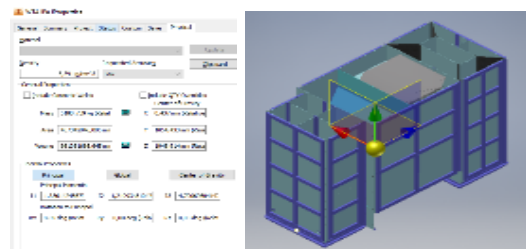
$\{f\}$ = gaya yang bekerja pada nodal

$[k]$ = matriks kekakuan elemen

$\{d\}$ = perpindahan pada nodal

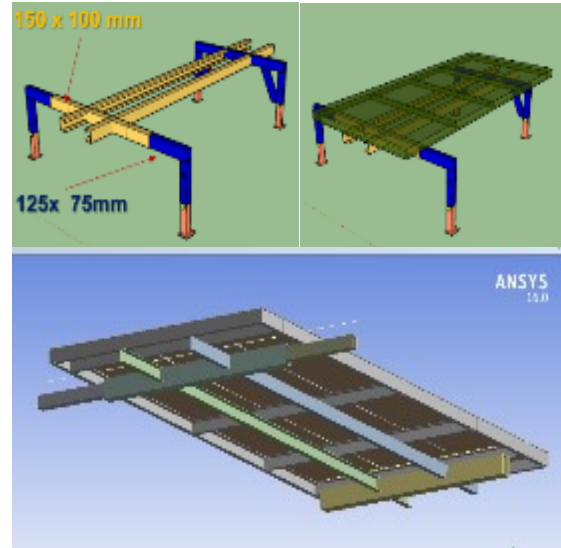
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari properti model 3D pada Inventor diperoleh *center of Gravity* dari unit IPA. Dari hasil perhitungan diperoleh massa unit IPA saat kosong yang meliputi rangka-rangka, plat, settler dan media filter (pasir silikia) adalah 5180,74 kg, sedangkan saat beroperasi berat total mencapai 8700kg



Gambar 7. *Center of Gravity* pada pemodelan Unit IPA menggunakan Inventor.

Konstruksi Penumpu IPA didesain sebagai dua bagian utama, yakni konstruksi *Bed* berbentuk bidang datar dimana unit IPA di letakan, terbuat dari plat baja BJ37 setebal 5 mm yang diperkuat dengan kerangka dari baja Profil CNP(BJ37) dengan penyambungn las, dimana posisi kerangka diatur sedemikian rupa agar mampu menopang dasar unit IPA dengan stabil dan rata, sedangkan desain kaki-kaki penumpu menggunakan rangka baja profil RHS (BJ41) yang didesain dengan mekanisme *sliding* dan pin pengunci seperti terlihat pada gambar 8.

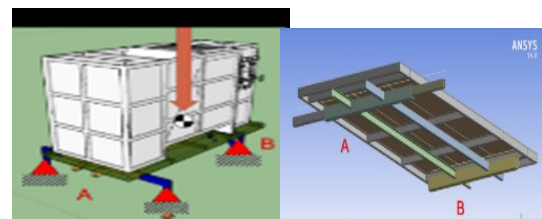


Gambar 8. Desain kaki tumpuan dan *bed*

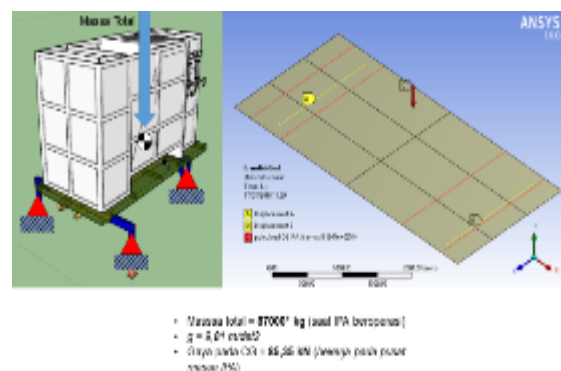
Kaki-kaki penumpu bagian depan didesain agar bisa bergeser/*sliding* kearah luar kiri-kanan agar kendaraan pengangkut dapat keluar, lebar bukaan kaki-kaki depan disesuaikan dengan lebar kendaraan pengangkut yang diukur antara sisi luas roda belakang.

Stress Analysis :

Aplikasi ANSIS 16 digunakan untuk pemodelan dan komputasi tegangan akibat beban yang diterima. Pemodelan pembebanan dengan gaya sebesar 85,35 kN melalui titik pusat masa unit IPA yang dteruskan ke konstruksi *bed* penyangga.

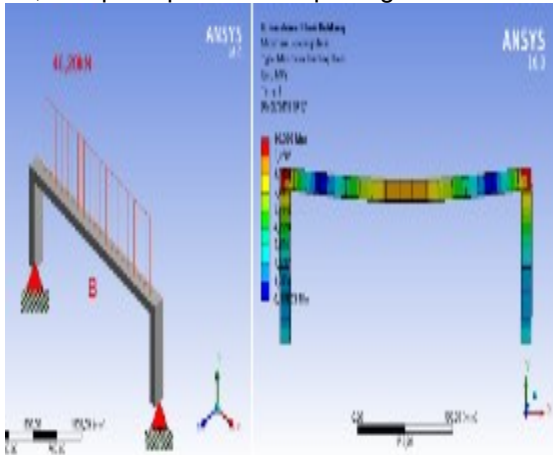


Gambar 9. Model kostruksi *bed*.



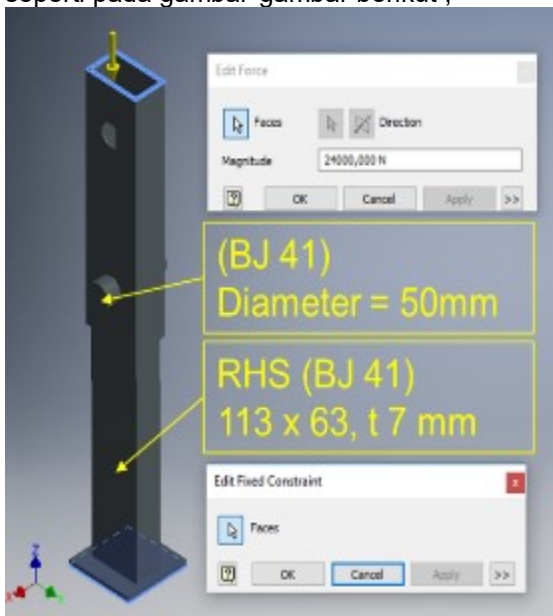
Gambar 10. Pemodelan beban dan reaksi tumpuan pada *bed* dengan ANSYS 16.

Dari hasil *runing stress analisis* pada konstruksi kaki penumpu bagian depan diperoleh tegangan *von mises* sebesar 76,80Mpa dengan deformasi terbesar adalah 1,13 mm, sedangkan untuk konstruksi kaki penumpu bagian belakang (*fixed*) diperoleh tegangan maksimum akibat bending sebesar 10,37 Mpa seperti terlihat pada gambar 15.



Gambar 15. *Stress Analisis* Konstruksi kaki penumpu bagian depan (*fixed*).

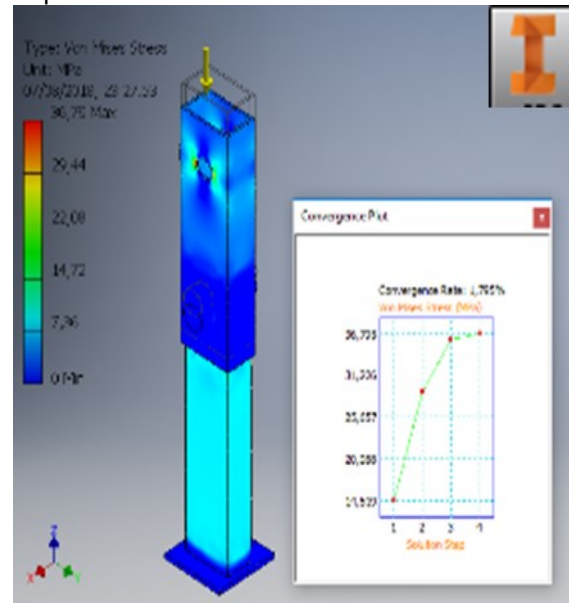
Ekstensi kaki-kaki penumpu dirancang untuk dapat digantung (*retractabe*) dan dikunci menggunakan sebuah pin pada saat mobilisasi oleh kendaraan pengangkut. Desain dan hasil analisis konstruksi ekstensi kaki penumpu seperti pada gambar-gambar berikut ;



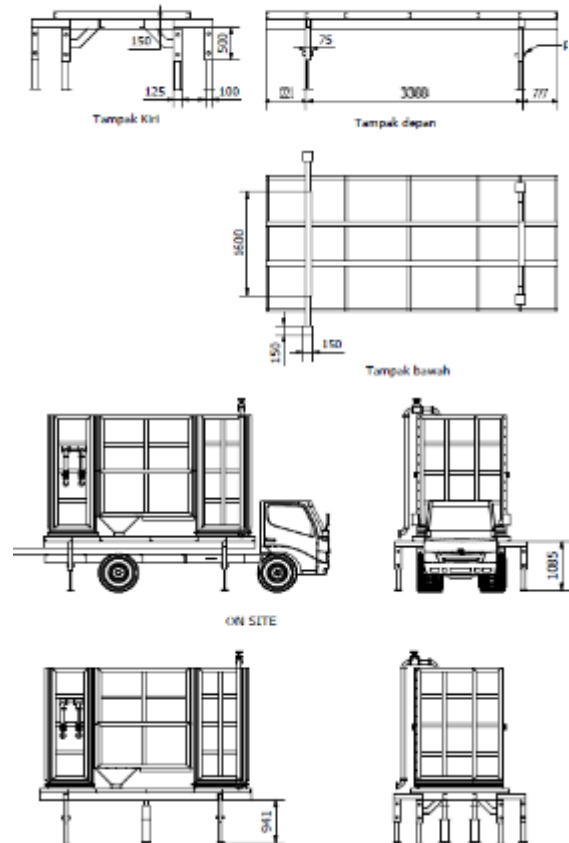
Gambar 16. Desain Konstruksi Ekstensi kaki penumpu (*retractabe*).

Dari hasil pemodelan dan *Stress analisis* yang juga dilakukan menggunakan INVENTOR diketahui tegangan *von mises* maksimum yang terjadi adalah sebesar 36,79 Mpa, berlokasi pada lubang – lubang pin

pengunci, sehingga sangat disarankan pada saat pembuatan lubang-lubang pin pengunci agar lebih diperhatikan kosntruksi dan ketelitian hasil pengerjaan sehingga resiko kegagalan dapat diminimalisir.



Gambar 17. Simulasi pembebanan pada ekstensi penumpu



Gambar 18. Desain Konstruksi Kaki Penumpu IPA Portable 5 LPD

PENUTUP

.Hasil pemodelan dan simulasi menggunakan bantuan aplikasi CAD-CAE Inventor maupun Ansys dapat dirancang konstruksi penumpu dengan mekanisme *sliding/rectratctable* yang mampu menopang unit IPA Portable 5LPD pada saat beroperasi dan terisi penuh air sehingga kendaraan pengangkut dapat dibebaskan.

Konstruksi Penumpu dan ekstensi kaki-kaki dapat dibuat menggunakan plat dan rangka baja dengan kelas baja BJ41 dengan metode sambungan las.

Terjadi deformasi yang cukup besar (14mm) sehingga sangat disarankan untuk menambahkan kaki penopang yang dapat dipasang dan dilepaskan dibagian tengah dari konstruksi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada PT. Tekno Mas Tirta yang telah memperkenankan penulis mengambil data penelitian dan ikut serta dalam proses desain dan pengembangan IPA Mobile 5 LPD.

DAFTAR PUSTAKA

- Sidabutar, S. (2007). *Perancangan Karoseri Kendaraan Mobile Water Treatment Serta Analisis Stabilitas Dan Kekuatan Rangka Sasisnya*. Bandung: ITB.
- Dowling, N. E. (1993). *Mechanical behavior of materials*. Virginia: Prentice-Hall International.
- SNI7505. (2011). *Spesifikasi material baja unit instalasi pengolahan air*. Badan Standardisasi Nasional.
- Kuntjoro, W. (2005). *An Introduction to the Finite Element Method*. Singapore: McGraw-Hill Education.
- J.R.Barber. (2010). *Intermediate Mechanics of Materials* (Second ed.). New York: McGraw-Hill.