

PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN LAHAN PENUMPUKAN *CONTAINER* DI PT. KBN – MARUNDA

Yogi Arif Mustofa¹⁾, Budi Rahmawati²⁾, Elma Yulius³⁾

^{1,2,3)} Teknik Sipil Universitas Islam “45” Bekasi
Jl. Cut Meutia No. 83 Bekasi Telp. 021-88344436
Email: elmayulius@gmail.com

ABSTRAK

Pelayanan angkutan *container* (peti kemas) merupakan sistem pelayanan jasa angkutan barang yang utama dalam proses ekspor dan impor. Dalam penanganan sistem *container* memerlukan lahan penimbunan. Lahan penimbunan *container* merupakan tempat usaha yang bergerak dibidang penumpukan peti kemas bagi pelayaran maupun *leasing company* yang tidak memiliki tempat untuk menyimpan, sedangkan tempat penimbunan yang tersedia di area pelabuhan Tanjung Priok sudah tidak memadai kapasitasnya.

Perhitungan perencanaan tebal perkerasan menggunakan tiga metoda, yaitu: NAASRA, AASHTO 1993 dan Pd. XX 2002 Bina Marga, dengan melakukan perbandingan pada metoda tersebut sehingga didapat tebal pelat yang paling optimal dan efisien.

Metoda yang digunakan NAASRA dengan mutu beton K 300 tebal 26 cm biaya Rp. 304.740,30, K 400 tebal 24 cm biaya Rp. 295.816,52, K450 tebal 23 cm biaya Rp. 297.384,98 lebih optimal dan efisien dalam perencanaan pembangunan lahan penumpukan *container* di PT. KBN Marunda, dibandingkan metoda AASHTO 1993 dan Pd. XX 2002 Bina Marga.

Kata kunci: Tebal perkerasan, Lahan penumpukan, *Container*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan volume ekspor dan impor yang semakin cepat menyebabkan timbulnya kebutuhan akan pengiriman barang yang lebih aman dan efisien serta berbagai tuntutan dari pengguna jasa adalah untuk terus meningkatkan pelayanan agar perusahaan yang bergerak dibidang *container* (peti kemas) menjadi lebih kompetitif.

Dalam penanganan sistem *container* (peti kemas) memerlukan tempat penumpukan peti kemas yaitu lahan penimbunan. Lahan penimbunan *container* (peti kemas) merupakan tempat usaha yang bergerak dibidang penumpukan peti kemas bagi pelayaran maupun *leasing company* yang tidak memiliki tempat untuk menyimpan, sedangkan tempat penimbunan yang tersedia di area pelabuhan Tanjung Priok sudah tidak memadai kapasitasnya. Oleh karena itu perlu adanya alternatif penyedia lahan penimbunan *container* diluar area pelabuhan sebagai salah satu cara mengatasi masalah tersebut diatas. Penelitian ini berupa perencanaan tebal perkerasan lahan penimbunan *container*, sebagai sumbangsih pemikiran untuk pembangunan lahan penimbunan *container* di PT. KBN yang letaknya di luar area pelabuhan Tanjung Priok.

Penelitian ini merencanakan tebal perkerasan lahan penumpukan *container* di PT. Kawasan Berikat Nusantara (KBN). Penelitian ini sebagai pengembangan ilmu yang dimiliki untuk mewujudkan sumber daya manusia yang siap pakai serta dikarenakan PT. Kawasan Berikat Nusantara (KBN) adalah salah satu perusahaan yang bergerak di bidang jasa pengelolaan kawasan proses *export*, maka pelayanan angkutan *container* (peti kemas) merupakan sistem pelayanan jasa angkutan barang yang utama.

Tujuan penelitian ini adalah merencanakan dimensi struktur perkerasan yang optimal dan efisien pada pembuatan lahan penimbunan *container*.

Manfaat penelitian ini adalah dapat memberikan sumbangan pemikiran tentang tebal perkerasan yang dipakai dalam pembuatan lahan penimbunan *container* di PT. KBN dan memperoleh pengalaman dan ilmu pengetahuan yang sangat berguna untuk pengabdian masyarakat, bangsa dan negara.

Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Jenis perkerasan kaku yang dibahas di sini adalah perkerasan kaku dengan struktur pelat beton. Struktur ini dapat dibangun menerus atau tidak menerus dengan atau tanpa tulangan, tidak jarang struktur ini dilapisi oleh lapisan aspal. Kemampuan perkerasan kaku dalam menahan beban lalu-lintas tergantung sepenuhnya pada lapisannya. Lapisan beton memiliki kekakuan yang sangat tinggi di mana mampu menyebarkan beban pada bidang yang luas sehingga dihasilkan tegangan yang sangat rendah pada lapisan di bawahnya, karena sifatnya yang demikian, maka perkerasan ini cocok digunakan pada jalan yang memiliki tanah dasar dengan daya dukung yang relatif rendah. Perkerasan kaku berdasarkan penggunaan bahan dapat dibagi atas:

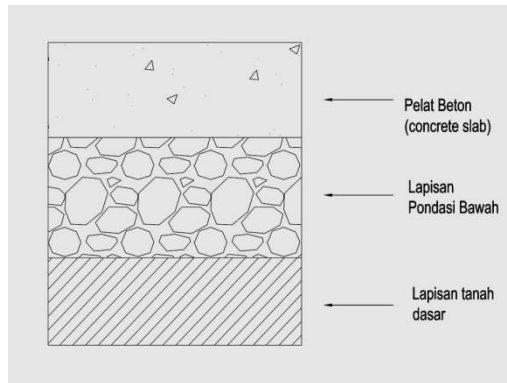
- 1) Perkerasan kaku dengan lapisan beton sebagai lapis aus, yang terdiri atas lapisan beton bersambung tanpa tulangan, lapisan beton bersambung dengan tulangan, lapisan beton menerus dengan tulangan dan lapisan beton pratekan.
- 2) Perkerasan komposit, yaitu perkerasan kaku dengan lapisan beton sebagai lapis pondasi dan campuran aspal-agregat sebagai lapis permukaan. Biasanya campuran aspal-agregat ini berfungsi sebagai lapis aus atau *leveling* serta tidak dirancang memiliki nilai struktural.

Dalam perancangan perkerasan kaku, tebal lapisan beton dirancang sedemikian rupa agar mampu memiliki tegangan yang ditimbulkan oleh beban kendaraan, perubahan suhu, kadar air dan perubahan volume pada lapisan di bawahnya seperti pada Gambar 1.

Sifat pembebanan lalu lintas adalah pengulangan (*repetisi*) sehingga keruntuhan struktur perkerasan didasarkan pada kelelahan (*fatigue*). Dengan demikian, jika perbandingan antara tegangan lentur beton dengan kuat lentur beton rendah maka beton mampu menahan beban repetisi yang tinggi. Sebaliknya jika perbandingan tegangan tinggi maka kemampuan menahan beban repetisi sangat terbatas. Tegangan lentur beton merupakan fungsi dari beban sumbu kendaraan dan kondisi tanah dasar, yang dinyatakan dengan modulus reaksi tanah-dasar (k). Sedangkan modulus keruntuhan lentur beton (M_r) adalah besaran yang tergantung dari kualitas beton.

Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah-dasar adalah tanah asli atau tanah timbunan biasa (dengan pemadatan) sebagai lapis paling bawah dari susunan lapis perkerasan. Pada umumnya tanah dasar mempunyai CBR 2-6% saja. Walaupun sebagian besar beban lalu lintas dipikul oleh lapis beton, namun sifat daya dukung dan keseragaman tanah dasar mempengaruhi keawetan dan kekuatan pelat beton. Daya dukung tanah dalam perkerasan kaku dinyatakan dalam modulus reaksi tanah-dasar (k) yang ditentukan dengan pengujian didapatkan dari pengujian *Plate Bearing Test*. Nilai k dengan pendekatan tertentu dapat juga ditentukan oleh nilai CBR (*California Bearing Ratio*) seperti pada Gambar 2.



Sumber : Hendarsin. *Perencanaan Teknik Jalan Raya*. 2000

Gambar 1. Struktur Perkerasan Kaku

Untuk menentukan modulus reaksi tanah-dasar (k) rencana yang mewakili suatu seksi jalan, dipergunakan rumus sebagai berikut:

$$k^{\circ} = k - 2 S \text{ (Untuk jalan tol)}$$

$$k^{\circ} = k - 1.64 S \text{ (Untuk jalan arteri)}$$

$$k^{\circ} = k - 1.28 S \text{ (Untuk jalan kolektor/lokal)}$$

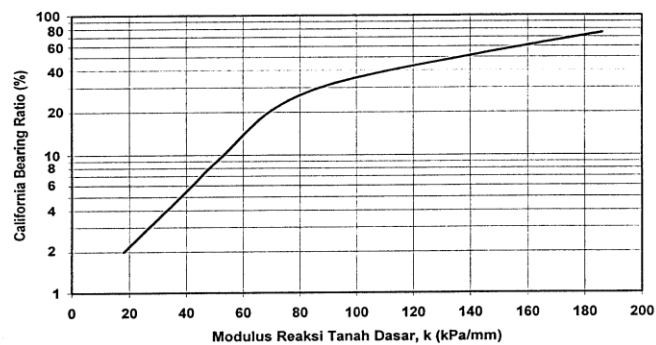
Dimana:

k° = modulus reaksi tanah dasar yang mewakili segmen

k = modulus reaksi tanah dasar rata-rata

$$s = \text{standar deviasi } s = \sqrt{\frac{n(\sum k^2) - (\sum k)^2}{n(n-1)}}$$

n = jumlah data



Sumber : Bina Marga. *Pedoman XX-2002 Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen*

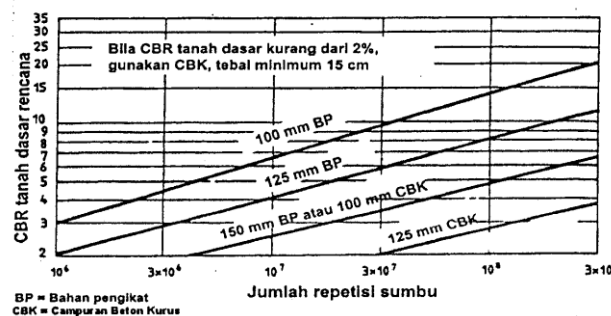
Gambar 2. Hubungan CBR (%) dengan Modulus Reaksi Tanah Dasar.

Lapis Pondasi Bawah (Sub- Base Course)

Lapis pondasi bawah adalah lapis antara tanah dasar dengan lapis pondasi agregat, yang terdiri dari agregat berbutir dengan atau tanpa bahan tambahan pengikat (perkuatan). Lapisan pondasi bawah ini berfungsi untuk :

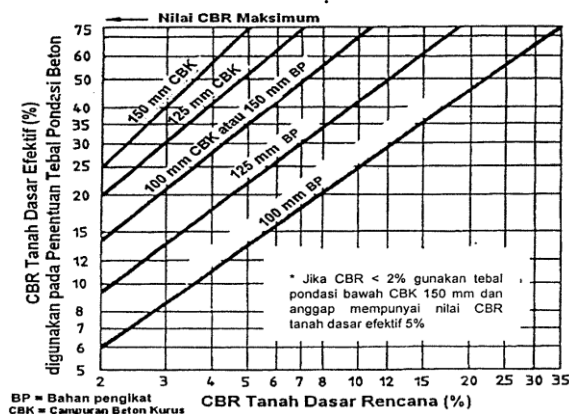
1. Mengendalikan pengaruh pemompaan (*Pumping*) dari butiran halus di lokasi sambungan, retak, tepi perkerasan.
2. Menambah modulus reaksi tanah-dasar (k).
3. Untuk memberikan dukungan pada pelat beton yang stabil, seragam dan permanen.
4. Sebagai lapisan *drainase*.
5. Mengendalikan kembang susut tanah-dasar.
6. Memudahkan pelaksanaan, karena dapat juga berfungsi sebagai landasan kerja.
7. Mengurangi terjadinya retak pada pelat beton.

Lapis pondasi bawah umumnya berupa material granular bergradasi rapat yang dipadatkan atau dapat pula material yang distabilisasi dengan bahan tambah. Semua bahan lapis pondasi bawah pada perkerasan lentur dapat digunakan untuk perkerasan kaku. NAVFAC DM-5.4 (1979) menyarankan bahan lapis pondasi bawah harus bergradasi sesuai AASHTO M-147. Batas cair (LL) < 25 dan index plastisitas (PI) < 5. CBR minimum adalah 30. Tebal minimum lapis pondasi adalah 15 cm (Gambar 3 dan 4).



Sumber: Bina Marga. Pedoman XX-2002 Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen.

Gambar 3. Tebal lapis pondasi bawah minimum untuk perkerasan beton



Sumber: Bina Marga. Pedoman XX-2002 Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen.

Gambar 4. CBR tanah-dasar efektif dan tebal pondasi

Lapisan Beton

Lapisan Beton adalah lapis Plat beton yang merupakan bagian perkerasan yang memikul beban. Karena keruntuhan perkerasan akibat repetisi beban, maka parameter kekuatan beton dinyatakan dalam kekuatan lentur (*Flexure Strength*). Kekuatan ini didapat dari pengujian *Three Point Test* (ASTM C-78) untuk beton berumur 28 hari yang besarnya secara tipikal sekitar 3-5 MPa (30-50 kg/cm²).

Lalu-lintas Rencana

Metode penentuan beban lalu-lintas rencana untuk perencanaan perkerasan tebal perkerasan kaku dilakukan dengan cara mengakumulasikan jumlah beban sumbu (dalam rencana lajur selama usia rencana) untuk masing-masing jenis kelompok sumbu, termasuk distribusi beban ini. Umur rencana untuk perkerasan kaku adalah 20-40 tahun.

Perancangan Penulangan

Perkerasan beton ini menggunakan perkerasan beton bertulang bersambungan (*Jointed Reinforced Concrete Pavement, JRCP*). Tujuan dasar distribusi baja adalah bukan untuk mencegah terjadinya retak pada pelat beton, tetapi untuk membatasi lebar retakan yang timbul pada daerah dimana beban terkonsentrasi agar tidak terjadi pembelahan pelat pada daerah retak tersebut sehingga kekuatan pelat tetap dapat dipertahankan. Banyaknya tulangan baja yang didistribusikan sesuai dengan kebutuhan untuk keperluan ini yang ditentukan oleh jarak sambungan susut, dalam hal ini dimungkinkan penggunaan pelat yang lebih panjang agar mengurangi jumlah sambungan melintang sehingga dapat meningkatkan kenyamanan.

Sambungan

Sambungan dibuat atau di tempatkan pada perkerasan beton dimaksudkan untuk menyiapkan tempat muai dan susut beton akibat terjadinya tegangan yang disebabkan oleh perubahan lingkungan (Suhu dan kelembaban) dan gesekan.

Sambungan pada perkerasan beton umumnya terdiri dari 3 jenis menurut fungsinya:

1. Sambungan susut, untuk mengalihkan tegangan tarik beton akibat: suhu, kelembaban, gesekan, dan mencegah terjadinya keretakan acak pada pelat beton.
2. Sambungan muai untuk menyiapkan ruang muai pada perkerasan, ini mencegah tegangan tekan yang menyebabkan perkerasan tertekuk.
3. Sambungan konstruksi (pelaksanaan), diperlukan untuk kebutuhan konstruksi (berhenti dan mulai pengecoran).

2. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah di kawasan PT. Kawasan Berikat Nusantara (KBN) Marunda Jakarta Utara, Blok C.2.

Pengumpulan data

Data merupakan bagian yang terpenting dalam penelitian, tanpa ada data maka penelitian tidak bisa dilakukan. Berdasarkan cara mendapatkan data untuk penelitian ini dapat dibedakan menjadi dua, yaitu data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dengan cara mengadakan peninjauan atau *survey* langsung di lapangan. Peninjauan langsung di lapangan dilakukan dengan beberapa pengamatan dan identifikasi yang diperoleh baik dari lapangan maupun dari pustaka. Adapun data primer yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah:

- a. Peta dan luas lokasi penelitian.
- b. Kondisi fisik lahan/tanah yang akan dibangun.

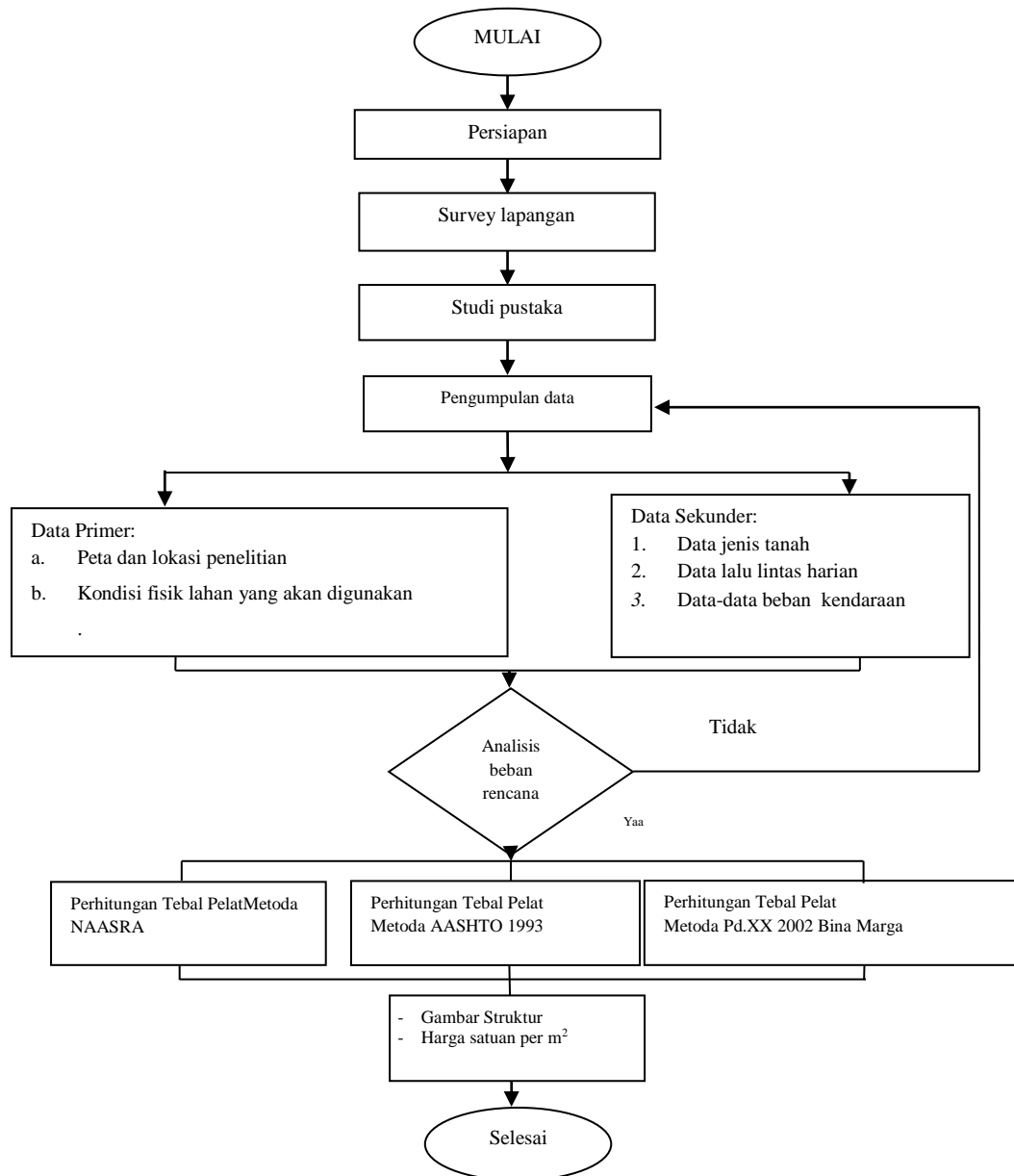
2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data tambahan yang dipergunakan dalam perhitungan yang sifatnya menunjang dan atau melengkapi data primer. seperti data jenis tanah yang akan dibangun, data lalu lintas harian, data beban-beban *container*. Adapun data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah:

- a. Data jenis tanah yaitu hasil uji sondir dan SPT. Nilai CBR (4%) diambil dari *design* perencanaan lahan penumpukan *container* lahan C.3.
- b. Data lalu-lintas harian dan beban rencana yang dipakai diambil dari asumsi yang dipakai di PT. KBN perencanaan lahan penumpukan *container* lahan C.3.
 - 1) Lalu-lintas rencana yaitu 1000 kendaraan/hari
 - 2) Beban rencana:
 - Truck trailer 4 as*
 - Berat kosong = 10,00 Ton
 - Beban muatan = 32,00 Ton
 - Berat total = 42,00 Ton
 - Lift Truck*
 - Muatan sumbu depan = 16,34 Ton
 - Muatan sumbu belakang = 1,57 Ton

Bagan alur penelitian

Bagan-bagan yang mempunyai arus yang menggambarkan langkah-langkah penyelesaian suatu masalah dalam suatu penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Bagan Alur Penelitian

Analisa Data

- a. Perhitungan kekuatan lapisan tanah-dasar (k).
 Prosedur perhitungan:
 1) Dari data tanah tentukan nilai CBR (%).

- 2) Untuk menentukan nilai k dengan memplotkan pada nomogram hubungan antara CBR(%) dengan modulus reaksi tanah dasar, k (kg/m^3) pada Gambar 2.2.
- b. Perhitungan tebal perkerasan menggunakan metoda Bina Marga yang mengadopsi aturan metoda NAASRA (*National Association of Australian State Road Authorities*).
1. Modulus keruntuhan lentur beton
 2. Lalu-lintas rencana
Prosedur perhitungan:
 - 1) Hitung volume lalu lintas (LHR) yang diperkirakan pada akhir umur rencana, sesuaikan dengan kapasitas jalan.
 - 2) Untuk masing-masing jenis kelompok sumbu kendaraan niaga, diestimasi angka LHR awal dari kelompok sumbu dengan beban masing-masing kelipatan 0,5 ton (5-5,5 ton), (5,5-6 ton), (6-6,5 ton) dan seterusnya.
 - 3) Mengubah beban trisumbu ke beban sumbu tandem didasarkan bahwa trisumbu setara dengan dua sumbu tandem.
 - 4) Hitung jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN) selama usia rencana.
 - 5) Hitung faktor pertumbuhan (R).
 - 6) Menghitung persentase masing-masing kombinasi konfigurasi beban sumbu terhadap jumlah sumbu kendaraan niaga harian.
 - 7) Hitung jumlah repetisi kumulatif tiap kombinasi konfigurasi beban sumbu pada lajur rencana.
 3. Tebal pelat beton
Prosedur perhitungan:
 - 1) Pilih suatu tebal pelat tertentu.
 - 2) Untuk setiap kombinasi konfigurasi dan beban sumbu serta harga k tertentu maka:
 - a) Tegangan lentur yang terjadi pada pelat beton.
 - b) Perbandingan tegangan dihitung dengan membagi tegangan lentur yang terjadi pada pelat dengan Modulus Keruntuhan Lentur Beton (FR).
 - c) Jumlah pengulangan beban yang diijinkan ditentukan berdasarkan harga perbandingan tegangan dan jumlah pengulangan beban yang diijinkan.
 - 3) Persentase *fatigue* untuk tiap kombinasi ditentukan dengan membagi jumlah pengulangan beban rencana dengan jumlah pengulangan beban ijin.
 - 4) Cari total *fatigue* dengan menjumlahkan persentase *fatigue* dari seluruh kombinasi konfigurasi/beban sumbu.
 - 5) Langkah-langkah diatas diulangi hingga didapatkan tebal pelat terkecil dengan total *fatigue* lebih kecil atau sama dengan 100%.
 Ketebalan minimum semua jenis perkerasan kaku yang akan dilalui kendaraan niaga tidak boleh kurang dari:
 - 1) Tebal perkerasan kaku tidak boleh kurang dari 150 mm.
 - 2) Kecuali perkerasan bersambung tidak bertulang tanpa ruji (*dowel*), tebal minimum harus 200 mm.
 - 3) Ketebalan minimum juga berlaku untuk perkerasan kaku dengan lapisan permukaan aspal dengan mengabaikan tebal lapisan aspal yang ada.

4. Perhitungan penulangan
Prosedur perhitungan:
 - 1) Setelah tebal pelat diketahui, tentukan lebar dan panjang pelat.
 - 2) Tentukan mutu baja yang akan dipakai.
 - 3) Menentukan koefisien gesek antara pelat beton dengan pondasi di bawahnya.
 - 4) Menghitung luas tulangan yang diperlukan.

5. Perhitungan sambungan pelat beton

- c. Perhitungan tebal perkerasan menggunakan metoda AASHTO (1993).
 1. Perancangan lalu-lintas, *ESAL* (*Equivalent Singel Axel Load*)
Prosedur perhitungan:
 - 1) Perkirakan tebal pelat beton pada tahun awal.
 - 2) Tentukan indeks kemampuan pelayanan akhir (*Pt*) yang disarankan oleh AASHTO (1993).
 - 3) Nilai faktor distribusi arah (*Dd*) diambil 0,5 sesuai yang disarankan, sedangkan tentukan nilai faktor distribusi lajur (*DL*).
 - 4) Tentukan faktor pertumbuhan lalu-lintas (*R*).
 - 5) Kontribusi volume kendaraan per hari/*ESAL* dari setiap grup beban gandar dihitung dengan mengalikan faktor ekivalensi beban gandar atau faktor *ESAL* dengan jumlah gandar perhari.

 2. Tebal pelat
Prosedur perhitungan:
 - 1) Tentukan nilai reliabilitas.
 - 2) Tentukan nilai deviasi standar dan nilai deviasi keseluruhan sesuai yang disarankan AASHTO (1993).
 - 3) Tentukan kemampuan pelayanan awal dan akhir sesuai yang disarankan AASHTO (1993).
 - 4) Tentukan mutu beton yang akan digunakan.
 - 5) Hitung modulus elastisitas beton dan kuat lentur beton.
 - 6) Tentukan koefisien drainase (*Cd*).
 - 7) Tentukan koefisien transfer beban (*J*).
 - 8) Hitung modulus reaksi tanah dasar efektif (*k*-efektif) dengan menentukan nilai reaksi modulus reaksi tanah-dasar (*k*) dan nilai faktor kehilangan dukungan (*LS*).
 - 9) Hitung tebal pelat.

 3. Perhitungan penulangan
Prosedur perhitungan:
 - 1) Setelah tebal pelat diketahui, tentukan lebar dan panjang pelat.
 - 2) Tentukan mutu baja yang akan dipakai. Kuat tarik yang disarankan AASHTO (1993) yaitu 75% dari kuat luluhnya ($f_s = 0.75 f_y$).
 - 3) Tentukan koefisien gesek antara pelat beton dengan pondasidibawahnya.
 - 4) Hitung luas tulangan yang diperlukan.

4. Perhitungan sambungan pelat beton
 Prosedur perhitungan:
 Untuk ukuran sambungan melintang (*ruji/dowel*) sesuai yang disarankan AASHTO (1993) yaitu $1/8$ dari tebal pelat, dengan jarak 30 cm dan panjang 45cm. Ukuran sambungan memanjang (*tie bar*) ditentukan yaitu 16 mm dengan panjang 75 cm.
- d. Perhitungan tebal perkerasan menggunakan metoda Pd. XX-2002 Perencanaan Perkerasan Beton Semen, Bina Marga.
1. Lalu-lintas rencana
 Prosedur perhitungan:
 - 1) Hitung jumlah sumbu berdasarkan jenis dan bebannya.
 - 2) Hitung Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) selama usia rencana.
 - 3) Hitung faktor pertumbuhan (R).
 - 4) Hitung JSKN rencana dengan caramengkalikan nilai JSKN terhadap nilai koefisien distribusi kendaraan (C).
 - 5) Hitung jumlah repetisi kumulatif tiap kombinasi konfigurasi beban sumbu pada lajur rencana.
 2. Tebal pelat
 Prosedur perhitungan:
 - 1) Pilih jenis perkerasan beton semen, bersambung tanpa ruji, dengan ruji, atau menerus dengan tulangan.
 - 2) Tentukan apakah menggunakan bahu beton atau tidak.
 - 3) Tentukan jenis dan tebal pondasi bawah berdasarkan nilai CBR rencana dan perkiraan jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana.
 - 4) Tentukan CBR efektif berdasarkan nilai CBR rencana pondasi bawah yang dipilih.
 - 5) Pilih kuat tarik lentur atau kuat tekan beton pada umur 28 hari (f_{cf}).
 - 6) Pilih faktor keamanan beban lalu lintas (F_{kb}).
 - 7) Taksir tebal pelat beton.
 - 8) Tentukan tegangan ekuivalen (TE) dan faktor erosi (FE) untuk STRT.
 - 9) Tentukan faktor rasio tegangan (FRT) dengan membagi tegangan ekuivalen (TE) oleh kuat tarik lentur (f_{cf}).
 - 10) Untuk setiap rentang beban kelompok sumbu tersebut, tentukan beban per roda dan kalikan dengan faktor keamanan beban (F_{kb}) untuk menentukan beban rencana per roda.
 - 11) Dengan faktor rasio tegangan (FRT) dan beban rencana, tentukan jumlah repetisi ijin untuk fatik yang dimulai dari beban tertinggi dari jenis sumbu STRT.
 - 12) Hitung persentase dari repetisi fatik yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
 - 13) Dengan menggunakan faktor erosi (FE), tentukan jumlah repetisi ijin untuk erosi.
 - 14) Hitung persentase dari repetisi erosi yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
 - 15) Ulangi langkah 11 sampai dengan 14 untuk setiap beban per roda pada sumbu tersebut sampai jumlah repetisi ijin masing-masing mencapai 10 juta dan 100 juta repetisi.

- 16) Hitung jumlah total fatik dengan menjumlahkan persentase fatik dari setiap beban roda pada STRT tersebut.
- 17) Ulangi langkah 8 sampai dengan 16 untuk setiap jenis kelompok sumbu lainnya.
- 18) Hitung jumlah total kerusakan akibat fatik dan jumlah total kerusakan akibat erosi untuk seluruh jenis kelompok sumbu.
- 19) Ulangi langkah 7 sampai dengan langkah 18 hingga memperoleh ketebalan tertipis yang menghasilkan total kerusakan akibat fatik dan atau erosi < 100%. Tebal tersebut sebagai tebal perkerasan yang direncanakan.

3. Perhitungan penulangan

Prosedur perhitungan:

- 1) Setelah tebal pelat diketahui, tentukan lebar dan panjang pelat.
- 2) Tentukan mutu baja yang akan dipakai.
- 3) Tentukan koefisien gesek antara pelat beton dengan pondasi di bawahnya.
- 4) Hitung luas tulangan yang diperlukan.

4. Perhitungan sambungan pelat beton

e. Harga satuan pelat beton

Perhitungan harga satuan pelat beton berdasarkan analisa kebutuhan material yang dipakai di PT. KBN

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini adalah perbandingan hasil perhitungan metoda NAASRA, AASHTO 1993 dan Pd. XX 2002 Direktorat Jenderal Bina Marga. Dari hasil perhitungan didapat tabel perbandingan sebagai berikut:

Tabel 1. Perbandingan Cara Perhitungan Tebal Pelat Beton Metoda Pd xx-2002 Direktorat Jenderal Bina Marga, NAASRA dan AASHTO 1993

No		Pd. XX-2002 Direktorat Jenderal Bina Marga	NAASRA	AASHTO 1993
1	Lalu lintas Rencana			
-	Beban Gandar	<ul style="list-style-type: none"> - Jenis Kendaraan yang dihitung > 5 ton - Konfigurasi sumbu yang dihitung. a. Sumbu Tunggal Roda Tunggal (STRT) b. Sumbu Tunggal Roda Ganda (STRG) c. Sumbu Ganda Roda Ganda (SGRG) 	<ul style="list-style-type: none"> - Jenis Kendaraan yang dihitung > 5 ton - Konfigurasi sumbu yang dihitung. a. Sumbu Tunggal Roda Tunggal (STRT) b. Sumbu Tunggal Roda Ganda (STRG) c. Sumbu Ganda Roda Ganda (SGRG) 	Semua beban sumbu dikonversikan ke jumlah ekivalen beban sumbu tunggal 18 Kip (80 KN) (ESAL)

2	Tebal Pelat	<ul style="list-style-type: none"> - Penentuan tebal pelat taksiran dipilih dan total fatik serta kerusakan erosi dihitung berdasarkan komposisi lalu lintas selama umur rencana. Total fatik dan erosi <100% 	<ul style="list-style-type: none"> - Penentuan tebal pelat taksiran dipilih dan total fatik berdasarkan komposisi lalu lintas selama umur rencana. Total fatik harus <100% 	<ul style="list-style-type: none"> - Tebal pelat ditentukan pada tahun pertama, komposisi lalu lintas didapat dengan cara mengkalikan jumlah sumbu niaga dengan faktor ekuivalensi. Komposisi lalu lintas tahun pertama dikali dengan umur tahun rencana. - Tebal pelat umur rencana didapat dari perbandingan nilai ESAL dengan persamaan 2.23
---	-------------	---	--	---

Sumber: Hasil Penelitian, 2014

Tabel 2. Perbandingan Hasil Perhitungan Metoda Pd xx-2002 Direktorat Jenderal Bina Marga, NAASRA dan AASHTO 1993

	Pd. XX-2002 Direktorat Jenderal Bina Marga		NAASRA		AASHTO 1993	
I. INPUT DESIGN						
a. Subgrade	Lempung kelanauan		Lempung kelanauan		Lempung kelanauan	
- CBR	4%		4%		4%	
b. Pondasi bawah	Base Course kelas B		Base Course kelas B		Base Course kelas B	
- Tebal	15 cm		15 cm		15 cm	
c. Klasifikasi jalan						
- Fungsi jalan	Arteri		Arteri		Arteri	
- Kelas jalan	Kelas 1 (MST > 10 ton		Kelas 1 (MST > 10 ton		Kelas 1 (MST > 10 ton	
d. Umur Rencana	20 Tahun		20 Tahun		20 Tahun	
e. Jalur Rencana	2 lajur (1 arah)		2 lajur (1 arah)		2 lajur (1 arah)	
- Jumlah lajur (Lebar 1 lajur = 3.5 m)						
f. Lalu-lintas Rencana						
- Vol. Lalu-lintas Rencana	1000 Kendaraan/ hari		1000 Kendaraan/ hari		1000 Kendaraan/ hari	
- Pertumbuhan Lalu-lintas	5%		5%		5%	
g. Beban Rencana						
- Truck trailer 4 as						
Berat kosong	10 ton		10 ton		10 ton	
Beban muatan	32 ton		32 ton		32 ton	
Berat total	42 ton		42 ton		42 ton	
Muatan sumbu depan	7,56 ton		7,56 ton		7,56 ton	
Muatan sumbu belakang	22,68 ton		22,68 ton		22,68 ton	
Muatan sumbu tengah	11,76 ton		11,76 ton		11,76 ton	
- Lift truck (Empty Container)						
Muatan sumbu depan	16,34 ton		16,34 ton		16,34 ton	
Muatan sumbu belakang	1,57 ton		1,57 ton		1,57 ton	
Beban muatan	17,91 ton		17,91 ton		17,91 ton	
II. Output Design						
a. Spesifikasi Bahan						
- Mutu beton :	Tebal pelat		Tebal pelat		Tebal pelat	
K.350	27 cm		26 cm		34 cm	
K.400	27 cm		24 cm		33 cm	
K.450	27 cm		23 cm		32 cm	
b. Harga pelat beton per m2						
- Mutu beton :	Tebal pelat	Harga / m2	Tebal pelat	Harga / m2	Tebal pelat	Harga / m2
K.350	27 cm	Rp. 317.434,01	26 cm	Rp. 304.740,30	34 cm	Rp. 374.559,57
K.400	27 cm	Rp. 327.829,01	24 cm	Rp. 295.816,52	33 cm	Rp. 378.342,88
K.450	27 cm	Rp. 340.600,01	23 cm	Rp. 297.384,98	32 cm	Rp. 384.140,00

Dari Tabel 1 & Tabel 2 diatas dapat disimpulkan bahwa untuk perencanaan pembangunan lahan penumpukan *container* di PT. KBN Marunda yang paling optimal dilihat berdasarkan tebal pelat beton paling tipis, efisien dilihat dari harga satuan per m² adalah metoda NAASRA.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan dari tiga metoda, baik secara teknis maupun program pada data yang ada, maka penyusun dapat mengambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Tebal perkerasan dan harga satuan per m² pelat beton.
 - a. Metoda NAASRA
 - a. K 350 = 26 cm dengan harga per m² Rp. 304.740,30
 - b. K 400 = 24 cm dengan harga per m² Rp. 295.816,52
 - c. K 450 = 23 cm dengan harga per m² Rp. 297.384,98
 - b. Metoda AASHTO 1993
 - a. K 350 = 34 cm dengan harga per m² Rp. 374.559,57
 - b. K 400 = 33 cm dengan harga per m² Rp. 378.342,88
 - c. K450 = 32 cm dengan harga per m² Rp. 384.140,00
 - c. Metoda Pd. XX – 2002 Direktorat Jenderal Bina Marga
 - a. K 350 = 27 cm dengan harga per m² Rp. 317.434,01
 - b. K 400 = 27 cmdengan harga per m² Rp. 327.829,01
 - c. K 450 = 27 cm dengan harga per m² Rp. 340.600,01
2. Dari metoda NAASRA, AASHTO 1993 dan Pd. XX 2002 Bina Marga, untuk perencanaan pembangunan lahan penumpukan *container* di PT. KBN Marunda yang paling optimal dan efisien adalah metoda yang digunakan NAASRA.

Saran

Dalam penelitian ini, penulis memberikan beberapa saran, yaitu:

1. Dalam perhitungan pelat lantai khususnya lahan penumpukan *container* harus melihat berapa jumlah kendaraan yang akan masuk dan keluar, berapa tumpukan *container*, sehingga menghitung perencanaan pada tebal pelat dapat maksimal.
2. Perhitungan perkerasan kaku harus mencari data-data seperti volume lalu lintas, jenis dan beban kendaraan, karena perkerasan kaku berkaitan dengan jalan raya.
3. Diperlukan adanya penelitian lebih lanjut mengenai perhitungan pada struktur dibawah pelat beton (*subgrade* dan lapis pondasi), untuk mendapatkan hasil struktur perkerasan yang lebih optimal dan efisien dalam pembangunan lahan penumpukan *container*.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2002, *Pedoman XX-2002 Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen*, Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta
- Anonim, 2003, *Final Report Soil Investigation Marunda*, Panduan Laboratorium Mekanika Tanah ISTN, Jakarta
- Anonim, 2011, *Perhitungan Struktur Proyek Pembangunan Depo Container Lahan C3*, Divisi Pengembangan & PL PT. Kawasan Berikat Nusantara (KBN), Jakarta

- Hardiyatmo,H.C, 2011, *Perancangan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah*, Penerbit Gajah Mada University Press, Yogyakarta
- Hendarsin,L.S, 2000, *Perencanaan Teknik Jalan Raya*, Penerbit Politeknik Negeri Bandung, Bandung