

JURNAL TEKNIK SIPIL

Penggunaan Genteng Keramik Sebagai Pengganti Agregat Kasar dan Abu Terbang Sebagai Pengisi Pada Laston AC-BC

(Kevin Doan Panjaitan, Tan Lie Ing)

Deteksi Temperatur Permukaan Tanah Di Ruas Jalan Artery Dengan Citra Landsat 8 dan Korelasinya Dengan Arus dan Kepadatan Lalu Lintas

(Hendrata Wibisana, Siti Zainab, Fithrie Estikhamah)

Evaluasi Pengadaan Bahan Konstruksi Pada Proyek Rumah Sakit Unggul Karsa Medika

(Maksum Tanubrata, Rian Adhita Trisyandi)

Studi Pengaruh Ukuran Butir Terhadap Parameter Kompaksi Dan Nilai CBR Material *Crushed Limestone* Padalarang

(Andrias Suhendra Nugraha, Jordan Dean Fahlevi, William Harry Soentpiet)

Studi Analisis Dan Desain Balok Beton Prategang 2 Lantai Dengan Program Komputer

(Dicky Aditriya Hermana, Daud Rahmat Wiyono)

J. Tek.Sipil	Vol. 13	No. 2	Hlm. 95-206	Bandung, Oktober 2017	ISSN 1411-9331
--------------	---------	-------	-------------	-----------------------------	-------------------



JURNAL TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS KRISTEN MARANATHA

Jurnal Teknik Sipil adalah jurnal ilmiah jurusan teknik sipil Universitas Kristen Maranatha yang diterbitkan 2 kali setahun pada bulan April dan Oktober. Pertama kali terbit bulan Oktober 2003. Tujuan penerbitan adalah sebagai wadah komunikasi ilmiah dan juga penyebarluasan hasil penelitian, studi literatur dalam bidang teknik sipil atau ilmu terkait.

- Pelindung** : Rektor Universitas Kristen Maranatha
- Penanggung Jawab** : Dekan Fakultas Teknik Universitas Kristen Maranatha
- Pemimpin Redaksi** : Ir. Maksum Tanubrata, MT.
- Ketua Dewan Penyunting** : Dr. Yosafat Aji Pranata, ST., MT.
- Mitra Bestari** : Dr. I Gusti Lanang Bagus Eratodi, ST., MT. (Undiknas Denpasar)
Iwan B. Santoso, Ir., M. Eng., Ph.D. (Universitas Tarumanagara)
- Penyunting Pelaksana** : Prof. Dr. Ir. Budi Hartanto Susilo, M.Sc.
Dr. Anang Kristianto, ST., MT.
Cindrawaty Lesmana, ST., M.Sc(Eng)., Ph.D.
Robby Yussac Tallar, ST., MT., Dipl.IWRM., Ph.D.
Ir. Maria Christine Sutandi, M.Sc.
Ir. Herianto Wibowo, M.Sc.
Hanny Juliany Dani, ST., MT.
Andrias S. Nugraha, ST., MT.
Tan Lie Ing, ST., MT.
- Perapi** : Tri Octaviani Sihombing, ST., M.Sc., Roi Milyardi, ST.
- Sekretariat dan Sirkulasi** : Aldrin Boy Rahardjo, A.Md., Betty Heriati Sairoen, Santo Deli, A.Md.
- Alamat Redaksi** : Sekretariat Jurnal Teknik Sipil
Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha
Jl. Prof. drg. Suria Sumantri MPH. No. 65 Bandung 40164
Tel. 022 - 2012186 ext. 1211, 1212 ; Fax. 022 - 2017622
- E-mail** : jurnal_ts@eng.maranatha.edu
- Website** : <http://majour.maranatha.edu>
- Penerbit** : Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha
Jl. Prof. drg. Suria Sumantri MPH. No. 65 Bandung 40164



JURNAL TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS KRISTEN MARANATHA

DAFTAR ISI :

Penggunaan Genteng Keramik Sebagai Pengganti Agregat Kasar dan Abu Terbang Sebagai Pengisi Pada Laston AC-BC
(*Kevin Doan Panjaitan, Tan Lie Ing*) 95 - 113

Deteksi Temperatur Permukaan Tanah Di Ruas Jalan Artery Dengan Citra Landsat 8 dan Korelasinya Dengan Arus dan Kepadatan Lalu Lintas
(*Hendrata Wibisana, Siti Zainab, Fithrie Estikhamah*) 114 – 132

Evaluasi Pengadaan Bahan Konstruksi Pada Proyek Rumah Sakit Unggul Karsa Medika
(*Maksum Tanubrata, Rian Adhita Trisyandi*) 133 – 159

Studi Pengaruh Ukuran Butir Terhadap Parameter Kompaksi Dan Nilai CBR Material Crushed Limestone Padalarang
(*Andrias Suhendra Nugraha, Jordan Dean Fahlevi, William Harry Soentpiet*) 160 – 179

Studi Analisis Dan Desain Balok Beton Prategang 2 Lantai Dengan Program Komputer
(*Dicky Aditriya Hermana, Daud Rahmat Wiyono*) 180 – 206

PENGGUNAAN GENTENG KERAMIK SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR DAN ABU TERBANG SEBAGAI PENGISI PADA LASTON AC-BC

Kevin Doan Panjaitan¹, Tan Lie Ing²

¹Alumni, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha

²Dosen Tetap, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha

Jalan Prof. drg. Suria Sumantri, MPH. No. 65 Bandung 40164

Email: lieing.tan@yahoo.com

ABSTRAK

Penggunaan limbah menjadi salah satu pokok bahasan para ahli untuk mengurangi jumlah material alam yang digunakan serta memanfaatkan limbah sebagai bahan daur ulang. Menggunakan material pengganti pada campuran beton aspal memungkinkan mutu perkerasan lentur memiliki stabilitas tinggi dan daya tahan lama, atau mungkin sebaliknya. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh penggunaan limbah genteng keramik sebagai pengganti pada agregat kasar dan abu terbang sebagai pengisi pada campuran laston lapis pengikat (AC-BC). Dalam penelitian ini digunakan lima jenis persentase campuran agregat kasar yang berbeda, yaitu 100% kerikil; 25% kerikil dan 75% genteng keramik; 50% kerikil dan 50% genteng keramik; 75% kerikil dan 25% genteng keramik; serta 100% genteng keramik. Pengujian dilakukan dengan alat Marshall. Nilai kadar aspal optimum (KAO) diperoleh sebesar 6,75%. Berdasarkan hasil pengujian pada kadar aspal optimum dari kelima jenis campuran agregat kasar, penggunaan limbah genteng keramik tidak disarankan.

Kata Kunci: laston AC-BC, abu terbang, genteng keramik, stabilitas, pelelehan.

ABSTRACT

The use of waste becomes one of the main discussion of the experts to reduce the amount of natural material used as well as to use the waste as recycling material. Utilizing substitute material in asphalt concrete mixture enables the quality of the flexible pavement to own high stability and durability, or vice versa. Therefore this research aims to evaluate the effect of the use of ceramic tile waste as substitute on coarse aggregate and fly ash as the filler on the mixture of asphalt concrete-binder course (AC-BC). In this research five different types of ceramic in coarse aggregate mixture percentage, which is 100% gravel; 25% gravel and 75% ceramic tile; 50% gravel and 50% ceramic tile; 75% gravel and 25% ceramic tile; as well as 100% ceramic tile. The examination is performed with Marshall test. The value of optimum asphalt content is 6.75%. Based on the examination of optimum asphalt content of the five types of coarse aggregate mixture, the use of ceramic tile is not recommended.

Keywords: asphalt concrete-binder course, fly ash, ceramic tile, stability, flow.

1. PENDAHULUAN

Jalan merupakan prasarana transportasi yang memiliki peran penting dalam pertumbuhan perekonomian suatu negara. Seiring pertumbuhan perekonomian menyebabkan peningkatan pergerakan. Hal ini menyebabkan prasarana transportasi yang ada harus mampu menahan beban lalu lintas yang melewatinya. Perkerasan jalan yang

umum digunakan di Indonesia adalah campuran Lapis Beton Aspal (Laston) atau Asphalt Concrete (AC).

Campuran beton aspal adalah suatu lapisan permukaan yang terdiri atas campuran aspal keras dan agregat bergradasi menerus, dicampur, dihampar, dan dipadatkan dalam keadaan panas pada temperatur tertentu (Saodang, 2005). Beton aspal terbagi atas tiga jenis, yaitu: beton aspal lapis aus (AC-WC), beton aspal lapis pengikat (AC-BC), dan beton aspal lapis fondasi (AC-Base). Lapis beton aspal sebagai lapis pengikat atau AC-BC merupakan bagian lapis permukaan di antara lapis fondasi (*base course*) dengan lapis aus (*wearing course*) yang bergradasi agregat gabungan rapat/menerus, umumnya digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas cukup berat (Sukirman, 2008).

Pemanfaatan limbah menjadi salah satu pokok bahasan para ahli untuk mengurangi jumlah material alam yang digunakan serta memanfaatkan limbah sebagai bahan daur ulang. Penggunaan batu bara sebagai sumber energi maka abu terbang (*fly ash*) dan *bottom ash* terdapat dalam jumlah cukup besar, sehingga memerlukan pengelolaan agar tidak menimbulkan masalah lingkungan, seperti: pencemaran udara, pencemaran perairan, dan penurunan kualitas ekosistem. Hingga saat ini pemanfaatan limbah abu terbang dalam bidang keteknik-sipil telah banyak dilakukan, namun terus dikembangkan hingga memperoleh penggunaan limbah yang terbaik untuk dapat digunakan dalam campuran pada perkerasan lentur. Penggunaan abu terbang sebagai pengganti *portland cement* karena memiliki sifat pozolanik, sebagai bahan dasar batu bata dan batako dalam konstruksi rumah, sebagai bahan campuran dalam beton ringan, sebagai bahan timbunan (*embankment*) atau bahan perkuatan, dan sebagai stabilisasi tanah pada tanah lunak. Pemanfaatan abu terbang perlu dioptimumkan agar dapat membantu pemerintah mengatasi dampak pencemaran lingkungan serta dapat menjadi tambahan sumber penghasilan dan devisa negara.

Bahan limbah lainnya yang dapat digunakan adalah pecahan genteng. Awal ditemukannya atap genteng tanah liat (*roof tile*) adalah dari China, selama Zaman Neolitikum, dimulai sekitar 10.000SM, dan Timur Tengah beberapa waktu kemudian. Dari wilayah ini, penggunaan genteng tanah liat tersebar ke seluruh Asia dan Eropa. Genteng terbagi dalam beberapa jenis, antara lain: genteng keramik, genteng beton, genteng baja, genteng aspal, genteng polikarbonat, genteng sirap, dan asbes (*fiber semen*). Pecahan genteng yang digunakan dalam penelitian ini adalah pecahan genteng keramik. Keunggulan genteng keramik adalah harganya murah, ringan, dan tahan terhadap perubahan cuaca. Kekurangannya adalah kualitas temperatur pembakaran mempengaruhi daya serap air, kekuatan, serta umur genteng tersebut (Adnan, 2003).

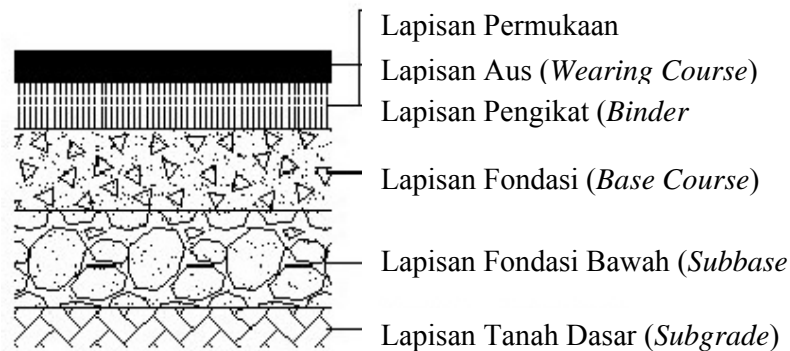
Penelitian tentang agregat pengganti untuk campuran pada perkerasan lentur telah dilakukan mengingat banyaknya material yang memungkinkan untuk digunakan. Menggunakan material lain seperti genteng keramik sebagai pengganti agregat kasar memungkinkan perkerasan lentur memiliki stabilitas tinggi dan daya tahan yang lebih lama, namun dapat juga sebaliknya. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dievaluasi pengaruh penggunaan genteng keramiki sebagai pengganti agregat kasar dan abu terbang sebagai pengisi pada laston AC-BC.

2. PERKERASAN LENTUR

Konstruksi perkerasan lentur terdiri atas lapisan-lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya. Perkerasan lentur terdiri atas beberapa lapisan, yaitu:

1. Lapisan Permukaan (*Surface Course*);
2. Lapisan Fondasi (*Base Course*);
3. Lapisan Fondasi Bawah (*Subbase Course*);
4. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*).

Konstruksi perkerasan lentur dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Konstruksi Perkerasan Lentur

Lapisan permukaan pada perkerasan lentur adalah lapisan pertama yang akan menerima beban langsung dari muatan kendaraan, gaya rem kendaraan, dan getaran-getaran yang berasal dari roda kendaraan. Lapisan permukaan harus mampu menerima seluruh jenis gaya yang bekerja karena sifat penyebaran gaya yang semakin kecil kesetiap lapisan di bawahnya. Lapisan permukaan memiliki fungsi sebagai lapisan penahan beban

roda, sebagai lapisan kedap air sehingga air hujan yang jatuh tidak meresap dan merusak lapisan bawahnya, lapisan aus (*wearing course*) yang menahan gaya gesekan rem kendaraan, dan sebagai lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya sehingga beban yang disebar dapat ditanggung oleh lapisan lainnya yang memiliki daya dukung lebih rendah.

Lapisan fondasi (*base course*) merupakan lapisan yang berfungsi untuk menahan gaya lintang dari beban roda dalam menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya. Lapisan ini juga merupakan lapisan yang berfungsi sebagai lapisan resapan untuk lapisan fondasi bawah. Lapisan fondasi bawah (*subbase course*) merupakan lapisan yang menyalurkan beban roda ke tanah dasar. Pada penggunaan materialnya, lapisan ini merupakan lapisan termurah dan paling tebal karena diharapkan dapat mengurangi tebal lapisan di atasnya yang lebih mahal. Lapisan ini merupakan lapisan penyerapan air dari lapisan fondasi sehingga air tanah tidak berkumpul di lapisan fondasi.

Beberapa jenis lapis permukaan jalan, yaitu: Lapis Beton Aspal (Laston), Lapis Penetrasi Makadam (Lapen), Lapis Asbuton Campuran Dingin (Lasbutag), *Hot Rolled Asphalt* (HRA), Laburan Aspal (Buras), Laburan Batu Satu Lapis (Burtu), Laburan Batu Dua Lapis, Lapis Tipis Beton Aspal (Lataston), dan Lapis Tipis Aspal Pasir (Latasir).

2.1 Lapis Beton Aspal (Laston)

Beton aspal terbagi atas tiga jenis, yaitu:

1. Laston lapis aus atau dikenal dengan nama *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC), merupakan lapisan yang terletak di posisi paling atas. Fungsi laston lapis aus adalah sebagai lapisan aus, landasan, dan penahan beban. Berdasarkan ketentuan Divisi VI Perkerasan Aspal Departemen Pekerjaan Umum edisi Tahun 2010 Revisi 3 menyatakan bahwa tebal nominal minimum untuk lapisan aus adalah 4,0cm;
2. Laston lapis pengikat atau dikenal dengan nama *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC), merupakan lapisan yang terletak setelah lapisan AC-WC. Lapisan ini bekerja sebagai penerus beban yang diterimanya menuju fondasi. Oleh karena itu, kestabilan bahan penyusun lapisan ini sangat penting dalam menentukan kualitasnya, terutama dalam mengurangi regangan dan tegangan yang ditimbulkan oleh beban lalu lintas. Berdasarkan ketentuan Divisi VI Perkerasan Aspal Departemen Pekerjaan Umum edisi Tahun 2010 Revisi 3, tebal nominal minimum untuk lapisan pengikat adalah 6,0cm;
3. Laston lapis fondasi atau dikenal dengan nama *Asphalt Concrete-Base* (AC-Base), merupakan lapisan yang terletak paling bawah. Lapisan ini berperan penting dalam

memberikan dukungan pada lapisan permukaan, mengurangi nominal tegangan dan regangan, serta meneruskan beban ke lapisan *sub-grade* yang berada di lapisan berikutnya. Berdasarkan ketentuan Divisi VI Perkerasan Aspal Departemen Pekerjaan Umum edisi Tahun 2010 Revisi 3, tebal nominal minimum untuk lapisan fondasi adalah 7,5cm.

Campuran laston merupakan hasil pencampuran antara agregat, aspal, bahan pengisi, dan atau bahan aditif. Sifat campuran yang harus dimiliki adalah sesuai dengan jenis laston yang dipilih. Ketentuan sifat campuran laston dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston (AC)

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Pengikat	Lapis Fondasi
Jumlah Tumbukan per bidang		75		112 ⁽¹⁾
Rasio partikel lolos ayakan 0,075mm dengan kadar aspal efektif	Min.	1,0		
	Max.	1,4		
Rongga dalam campuran (%) ⁽²⁾	Min.	3,0		
	Max.	5,0		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	15	14	13
Rongga Terisi Aspal (%)	Min.	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800		1800 ⁽¹⁾
Pelelehan (mm)	Min.	2		3
	Max.	4		6 ⁽¹⁾
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C ⁽³⁾	Min.	90		
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal) ⁽⁴⁾	Min.	2		

Keterangan:

1. Modifikasi Marshall lihat Lampiran 6.3.B.
2. Rongga dalam campuran dihitung berdasarkan pengujian Berat Jenis Maksimum Agregat (G_{mm} test, SNI 03-6893-2002).
3. Direksi Pekerjaan dapat atau menyetujui AASTHO T283-89 sebagai alternatif pengujian kepekaan terhadap kadar air. Pengkondisian beku cair (*freezing thaw conditioning*) tidak diperlukan.
4. Untuk menentukan kepadatan membal (refusal), disarankan menggunakan penumbuk bergetar (*vibratory hammer*) agar pecahnya butiran agregat dalam campuran dapat dihindari. Jika digunakan penumbuk manual jumlah tumbukan per bidang harus 600 untuk cetakan berdiameter 6 inci dan 400 untuk cetakan berdiameter 4 inci.

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2010

2.2 Genteng Keramik

Penggunaan genteng pertama kali ditemukan di China, selama Zaman Neolitikum sekitar 10.000 SM, dan Timur Tengah beberapa waktu kemudian. Dari wilayah ini, penggunaan genteng tersebar ke seluruh Asia dan Eropa. Banyak faktor yang menyebabkan genteng digunakan secara luas sejak dahulu, salah satu faktornya adalah genteng tahan terhadap panas atau api.

Saat ini, genteng memiliki beragam jenis, seperti genteng terakota, genteng keramik, genteng beton, genteng metal, genteng fiber, dan genteng asbes. Genteng terakota adalah genteng yang terbuat dari tanah liat dan prosesnya dilakukan secara tradisional sehingga genteng ini memiliki keunggulan berupa harga lebih ekonomis dan bobot ringan. Genteng keramik terbuat dari keramik yang berbahan dasar tanah liat melalui proses fabrikasi sehingga pada lapisan teratasnya lebih licin dan mengkilap (*finishing* menggunakan *glazur*).

Genteng beton terbuat dari campuran agregat, semen, dan air. Genteng ini umumnya berbentuk datar (*flat*) dan memiliki bidang yang luas, sehingga saat ini genteng beton banyak digunakan. Genteng metal adalah genteng yang terbuat dari baja lapis ringan (*zincalume steel*) yang merupakan perpaduan seng, alumunium, dan silikon yang berbentuk lembaran bergelombang. Genteng fiber terbuat dari campuran semen, bahan penguat, dan serat mineral fiber sehingga menghasilkan bahan sekeras beton dan memiliki bentuk yang bergelombang. Genteng asbes merupakan perpaduan dari bahan mineral berupa serat yang menyerap panas dan sedikit merefleksikan sinar matahari.

Genteng keramik pada proses pembuatannya diawali dengan pembuatan badan genteng (*body*) yang menggunakan bahan baku berupa campuran beberapa jenis tanah liat. Sebelum diproses, tanah liat yang digunakan akan melalui beberapa pemeriksaan laboratorium untuk mengetahui struktur kandungannya. Parameter pemeriksaan mencakup pemeriksaan visual, tingkat plastisitas, kehalusan partikel, susut kering dan susut bakar, tingkat hilang pijar dan tingkat kontaminasi kapur. Badan genteng yang telah melalui proses formulasi tersebut masuk ke dalam proses penggilingan dengan tujuan untuk menyeragamkan dimensi partikel dan homogenisasi. Proses pembuatan badan genteng ini menggunakan beberapa mesin-mesin utama, seperti *box feeder*, *roll crusher*, *pug mill*, dan *screen feeder*. Seluruh rangkaian mesin ini disatukan dengan rangkaian conveyor yang berfungsi untuk mengantarkan material dari satu mesin ke mesin lainnya. Gambar 2.2 menunjukkan genteng keramik.



Gambar 2.2 Genteng Keramik

2.3 Abu Terbang

Abu terbang atau lebih dikenal dengan sebutan *fly ash* merupakan sisa hasil pembakaran batu bara pada pembangkit listrik. Abu terbang memiliki titik lebur sekitar 1300°C dan mempunyai kerapatan massa (densitas) antara 2,0–2,5g/cm³. Dalam kegiatan industri, abu terbang biasanya terbentuk oleh pengendap elektrostatis atau peralatan filtrasi partikel lain sebelum gas buang mencapai cerobong asap batu bara pembangkit listrik, dan bersama-sama dengan *bottom ash* dikeluarkan dari bagian bawah tungku. Tergantung pada jenis batu bara yang dibakar, abu terbang yang dihasilkan pun beragam, namun seluruh abu terbang memiliki kadar silikon dioksida (SiO₂) dan kalsium oksida (CaO) yang besar.

Abu terbang memiliki dua tipe, yaitu: abu terbang tipe-C dan abu terbang tipe-F. Abu terbang tipe-C merupakan abu terbang dengan kadar CaO lebih dari 10% yang berasal dari pembakaran lignit atau batu bara muda. Dalam campuran beton, abu terbang tipe-C yang digunakan sebanyak 15%-35% dari berat silinder. Abu terbang tipe-F merupakan abu terbang dengan kadar CaO kurang dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran antrasit atau *bituminous* batu bara. Dalam campuran beton, abu terbang tipe-F yang digunakan sebanyak 15%-25% dari berat silinder.

Pada Tahun 1989, total abu terbang yang dihasilkan dari pembakaran batu bara di seluruh dunia mencapai 440 miliar ton. Sekitar 75% adalah abu terbang. Penghasil utama adalah negara-negara bekas Uni Soviet (99 miliar ton), Tiongkok (55 miliar ton), Amerika Serikat (53 miliar ton), dan India (40 miliar ton). Tingkat penggunaan abu terbang dalam produksi semen saat ini masih tergolong rendah, faktanya hanya 15% dari produksinya digunakan Tiongkok sebagai bahan pembuatan beton.

Berbagai penelitian mengenai pengembangan abu terbang baru kian giat dilakukan untuk meningkatkan nilai ekonomisnya serta mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan. Saat ini pada umumnya abu terbang digunakan dalam pabrik semen sebagai salah satu bahan campuran pembuat beton. Selain sebagai bahan campuran

pembuat beton, abu terbang batu bara memiliki kegunaan beragam, seperti sebagai bahan penggosok (*polisher*), pengisi aspal, plastik dan kertas, serta sebagai aditif dalam pengolahan limbah (*waste stabilization*). Gambar 2.3 menunjukkan abu terbang.



Gambar 2.3 Abu Terbang

3. METODE PENELITIAN

Pengujian aspal, agregat, bahan pengganti, dan bahan pengisi dilakukan di laboratorium Material Jalan Universitas Kristen Maranatha. Material yang digunakan pada penelitian ini yaitu kerikil dan pasir dari Lagadar, abu terbang tipe F dari PLTU Cibinong, genteng keramik berkekuatan tekan 180 kgf, dan bahan aspal menggunakan aspal penetrasi 60. Langkah awal sebelum dilakukan perancangan campuran adalah memilih fraksi agregat yang akan dicampur. Fraksi agregat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC).

Sebelum melakukan pencampuran pembuatan benda uji, hal pertama yang dilakukan adalah menghitung kadar aspal yang menjadi acuan untuk membuat benda uji Marshall agar diperoleh kadar aspal optimum. Nilai kadar aspal rencana yang didapat dibulatkan mendekati 0,5%. Kemudian ditentukan kadar aspal rencana masing-masing 2 ke atas dan 2 ke bawah. Langkah-langkah pembuatan benda uji adalah:

A. Mencari Kadar Aspal Optimum

1. Berdasarkan perkiraan kadar aspal rencana, yaitu Pb-1%; Pb-0,5%, Pb%; Pb+0,5%; dan Pb+1% maka dibuat 3 benda uji untuk masing-masing kadar aspal. Total benda uji untuk mendapatkan kadar aspal optimum adalah 15 benda uji dari kadar bahan pengisi 100% abu terbang.
2. Setiap benda uji diperlukan agregat sebanyak ± 1200 gr dengan diameter 4inci. Panaskan wadah pencampur beserta agregat kira-kira 28°C di atas temperatur pencampuran. Sementara itu, panaskan juga aspal sampai temperatur pencampuran.
3. Kemudian tuangkan aspal sebanyak yang dibutuhkan ke dalam wadah yang sudah dipanaskan tersebut. Aduklah dengan cepat sampai agregat terlapis sementara.

4. Dilakukan tes kompaksi uji Marshall standar dengan 2x75 tumbukan untuk semua benda uji.
5. Benda uji yang telah dikompaksi akan didiamkan hingga mengeras selama ± 24jam.
6. Kemudian lakukan tes marshall untuk mendapatkan kadar aspal optimum dan parameter Marshall, yaitu VIM, VMA, VFA, stabilitas, pelelehan, dan lainnya sesuai dengan spesifikasi campuran.

B. Mendapatkan Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal optimum yang diperoleh kemudian digunakan untuk mendapatkan hasil perbandingan antara penggunaan 0% genteng keramik; 25% genteng keramik dan 75% kerikil; 50% genteng keramik dan 50% kerikil; 75% genteng keramik dan 25% kerikil; 100% genteng keramik.

4. ANALISIS DATA

Proporsi agregat campuran didapatkan dengan melakukan analisis ayakan berdasarkan agregat yang digunakan. Agregat yang digunakan adalah agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi. Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat dalam Campuran		
	Laston (AC)		
	WC	BC	Base
37,5			100
25		100	90 – 100
19	100	90 – 100	76 – 90
12,5	90 – 100	75 – 90	60 – 78
9,5	77 – 90	66 – 82	52 – 71
4,75	53 – 69	46 – 64	35 – 54
2,36	33 – 53	30 – 49	23 – 41
1,18	21 – 40	18 – 38	13 – 30
0,6	14 – 30	12 – 28	10 – 22
0,3	9 – 22	7 – 20	6 – 15
0,15	6 – 15	5 – 13	4 – 10
0,075	4 – 9	4 – 8	3 – 7

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2010

Pengujian aspal dilakukan untuk mengetahui sifat fisik dan kimiawi aspal. Pengujian berat jenis untuk mengukur berat jenis aspal dengan menggunakan piknometer dengan perbandingan berat di udara dan berat di dalam air. Pengujian kekerasan aspal

yang dilakukan dengan pengujian penetrasi, yaitu dengan menggunakan jarum penetrasi berdiameter 1mm dan beban 50gr. Pengujian daktilitas untuk mengetahui sifat kohesi dan plastisitas aspal. Nilai daktilitas aspal adalah panjang contoh aspal ketika putus pada saat dilakukannya penarikan dengan kecepatan 5cm/menit. Pengujian titik nyala dan titik bakar untuk memperkirakan temperatur maksimum pemanasan aspal sehingga aspal tidak terbakar. Temperatur yang didapat adalah simulasi terhadap temperatur maksimum yang biasa terjadi pada aspal sampai aspal mengalami kerusakan permanen. Pengujian titik lembek untuk mengetahui temperatur aspal mulai lembek, pengujian ini dilakukan menggunakan alat ring and ball. Temperatur yang didapat menjadi acuan di lapangan atas kemampuan aspal menahan temperatur permukaan yang terjadi untuk tidak lembek sehingga dapat mengurangi daya lekatnya. Tabel 2.3 menunjukkan pengujian kualitas aspal.

Tabel 2.3 Pengujian Kualitas Aspal

No.	Jenis Pengujian	Standar Pengujian	Hasil	Spesifikasi Binamarga, 2010 Rev.3	Keterangan
1.	Berat Jenis	SNI 2441:2011	1,02	$\geq 1,0$	Memenuhi
2.	Penetrasi	SNI 06-2456-1991	61	60-70	Memenuhi
3.	Titik Lembek ($^{\circ}\text{C}$)	SNI 2434:2011	52	≥ 48	Memenuhi
4.	Titik Nyala ($^{\circ}\text{C}$)	SNI 2433:2011	335	≥ 232	Memenuhi
5.	Daktilitas (cm)	SNI 2432:2011	150	≥ 100	Memenuhi

Pengujian agregat kasar bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan kimiawi agregat. Pengujian berat jenis agregat dilakukan untuk mengekspresikan nilai kerapatan/*density* agregat, dimana nilai kerapatan agregat diperoleh dengan mengalikan nilai berat jenis agregat dengan kerapatan air pada temperatur standar yang dipakai untuk pengukuran. Pengujian abrasi dengan menggunakan mesin Los Angeles diperlukan untuk mengetahui ketahanan agregat kasar terhadap keausan. Keausan tersebut dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lewat ayakan No. 12 terhadap berat semula dalam persen (%). Daya lekat aspal terhadap agregat dipengaruhi oleh sifat agregat terhadap air.

Agregat yang mudah menyerap air akan sulit untuk mengikat aspal, sehingga ikatan aspal dan agregat mudah lepas. Sebaliknya agregat yang sulit menyerap air akan mudah mengikat aspal, sehingga ikatan aspal dan agregat tidak mudah lepas. Pengujian partikel pipih dan lonjong dilakukan untuk mengetahui banyaknya agregat yang berbentuk lonjong dan pipih. Agregat dikatakan lonjong jika ukuran terpanjangnya lebih dari 1,8 kali diameter rata-rata. Indeks kelonjongan (*elongated index*) adalah persentase

berat agregat lonjong terhadap berat total, sedangkan agregat pipih, yaitu agregat yang ketebalannya lebih tipis dari 0,6 kali diameter rata-rata. Pengujian material lolos ayakan No.200 dilakukan untuk mendapatkan jumlah kadar lumpur yang terdapat pada agregat kasar. Hasil perhitungan pengujian agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Pengujian Agregat Kasar

Agregat kasar: Kerikil					
No.	Pengujian	Standar Pengujian	Hasil	Spesifikasi Div.6 Bina Marga 2010, Rev.3	Keterangan
1.	Berat Jenis <i>Bulk</i>	SNI 03-1969-1990	2,491	-	-
2.	Berat Jenis SSD	SNI 03-1969-1990	2,560	-	-
3.	Berat Jenis <i>Apparent</i>	SNI 03-1969-1990	2,675	-	-
4.	Berat Isi	SNI 03-1969-1990	1,19 T/m ³		
5.	Penyerapan Air	SNI 03-1969-1990	2,752	-	-
6.	Abrasi dengan Mesin Los Angeles	SNI 2417:2008	18,47%	Maks. 40%	Memenuhi
7.	Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 2439:2011	98%	Min. 95%	Memenuhi
8.	Partikel Pipih dan Lonjong (%)	ASTM D4791 Perbandingan 1:5	7,21%	Maks. 10%	Memenuhi
9.	Material Lolos Ayakan No.200	SNI 03-4142-1996	0%	Maks. 2%	Memenuhi
Agregat kasar : Genteng Keramik					
No .	Pengujian	Standar Pengujian	Hasil	Spesifikasi Div.6 Bina Marga 2010, Rev.3	Keterangan
1.	Berat Jenis <i>Bulk</i>	SNI 03-1969-1990	1,977	-	-
2.	Berat Jenis SSD	SNI 03-1969-1990	2,171	-	-
3.	Berat Jenis <i>Apparent</i>	SNI 03-1969-1990	2,454	-	-
4.	Berat Isi	SNI 03-1969-1990	1,05 T/m ³		

5.	Penyerapan Air	SNI 03-1969-1990	9,84	-	-
6.	Abrasi dengan Mesin Los Angeles	SNI 2417:2008	39,87%	Maks. 40%	Memenuhi
7.	Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 2439:2011	98%	Min. 95%	Memenuhi
8.	Partikel Pipih dan Lonjong	ASTM D4791 Perbandingan 1:5	9,81%	Maks. 10%	Memenuhi
9.	Material Lolos Ayakan No.200	SNI 03-4142-1996	2%	Maks. 2%	Memenuhi

Pengujian agregat halus bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan kimiawi agregat halus. Standar pengujian dan hasil pengujian agregat halus dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Pengujian Agregat Halus

No.	Pengujian	Standar Pengujian	Hasil	Spesifikasi Div.6 Bina Marga, 2010 Rev.3	Keterangan
1.	Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	75 %	Min. 60%	Memenuhi
2.	Angularitas dengan Uji Kadar Rongga	SNI 03-6877-2002	92,56	Min. 45	Memenuhi
3.	Agregat Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117:2012	3,90	Maks. 10%	Memenuhi
4.	Berat Jenis <i>Bulk</i>	SNI 03-1970-1990	2,32	-	-
5.	Berat Jenis SSD	SNI 03-1970-1990	2,45	-	-
6.	Berat Jenis <i>Apparent</i>	SNI 03-1970-1990	2,66	-	-
7.	Berat Isi	SNI 03-1969-1990	1,45 T/m ³		
7.	Penyerapan Air	SNI 03-1970-1990	5,57	-	-

Pengujian bahan pengisi bertujuan untuk memastikan bahwa bahan pengisi yang dapat ditambahkan adalah bahan pengisi yang kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI ASTM C136: 2012 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No. 200 tidak kurang dari 75% terhadap beratnya sendiri kecuali untuk mineral asbuton. Pengujian bahan pengisi dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Pengujian Bahan Pengisi

No.	Pengujian	Standar Pengujian	Hasil	Spesifikasi Div.6 Bina Marga, 2010 Rev.3	Keterangan
1.	Berat Jenis	AASTHO T-85-81	2,56	-	-
2.	Berat Isi	AASTHO T-85-81	1,69 T/m ³	-	-

Fraksi agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi digunakan untuk menentukan kadar aspal rencana. Kadar aspal rencana tersebut digunakan untuk mencari kadar aspal optimum. Ketiga jenis fraksi agregat tersebut berasal dari penentuan proporsi agregat campuran. Kadar aspal rencana yang telah diperoleh dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Kadar Aspal Rencana

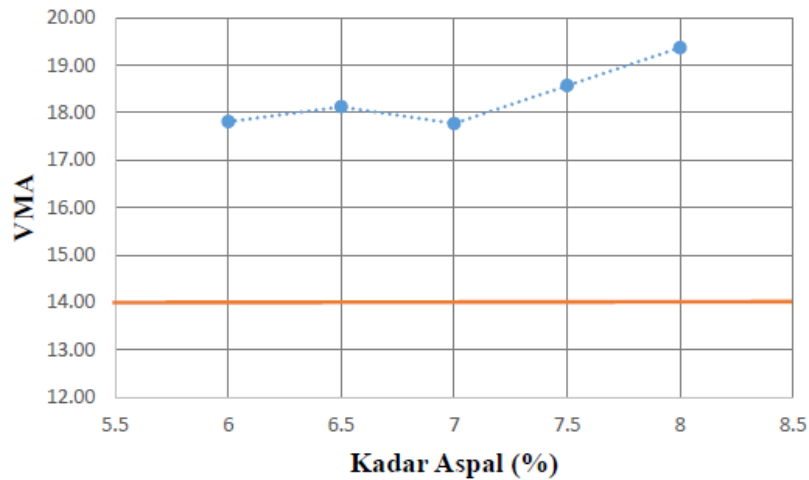
Kadar Aspal Rencana				
Batas Bawah		Pb	Batas Atas	
-1,0%	-0,5%	Pb	+0,5%	+1,0%
6,0%	6,5%	7,0%	7,5%	8,0%

Rata-rata hasil pengujian Marshall pada kadar aspal rencana dapat dilihat pada Tabel 2.8.

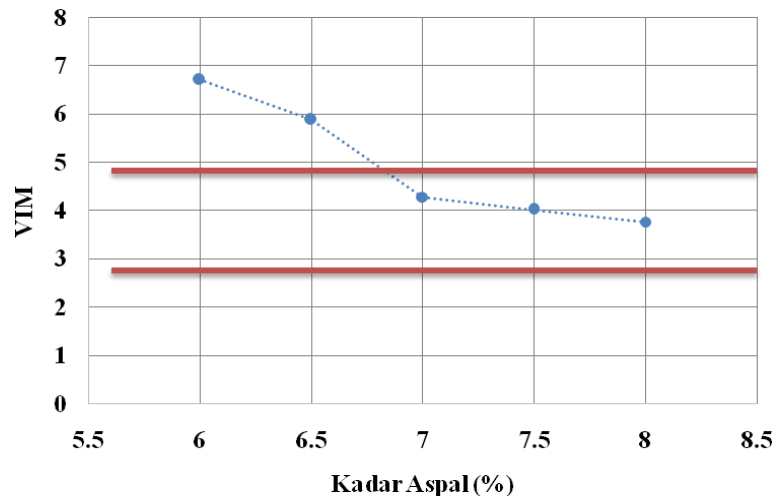
Tabel 2.8 Rata-rata Hasil Pengujian Marshall pada Kadar Aspal Rencana

Parameter Marshall	Kadar Aspal (%)				
	6	6,5	7	7,5	8
VIM (%)	6,72	5,89	4,29	4,03	3,77
VMA (%)	17,81	18,13	17,77	18,57	19,38
VFA (%)	62,32	67,49	75,87	78,33	80,53
Stabilitas (kg)	799,61	830,58	771,28	733,89	710,83
Flow (mm)	6,42	6,67	7,09	7,45	7,77
MQ (kg/mm)	124,62	124,46	108,79	98,47	91,49

Hubungan kadar aspal dengan VMA dapat dilihat pada Gambar 2.4. Pada Gambar 2.4 dapat disimpulkan bahwa untuk kadar aspal 6% sampai dengan 8% lolos persyaratan yang digunakan. Kadar aspal dengan VIM dapat dilihat pada Gambar 2.5.



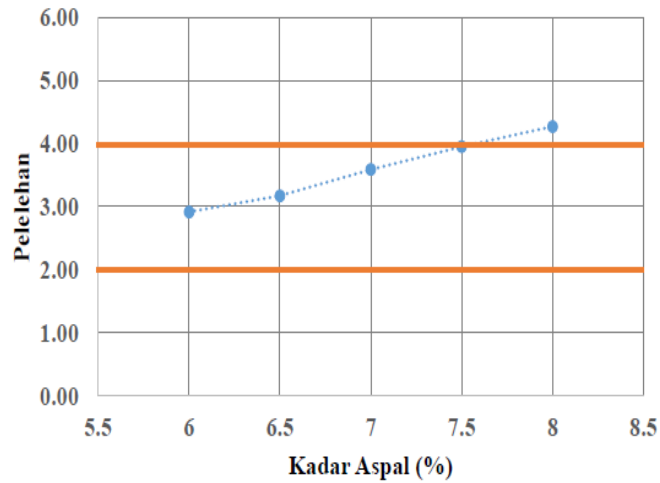
Gambar 2.4 Hubungan Kadar Aspal dengan VMA



Gambar 2.5 Hubungan Kadar Aspal dengan VIM

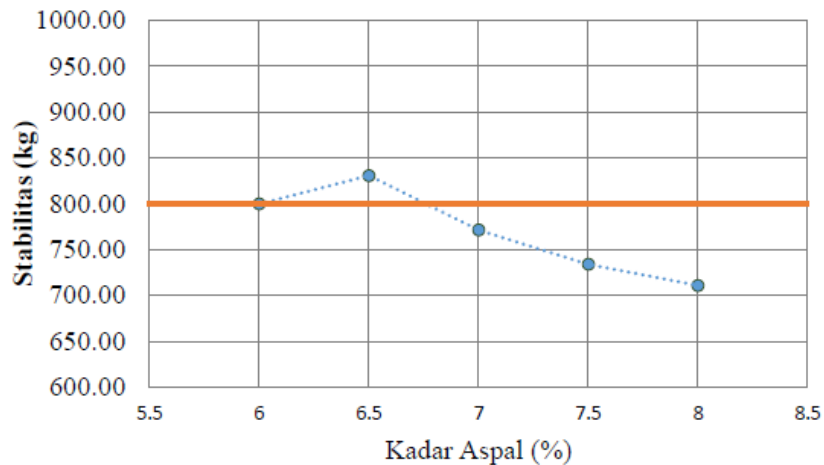
Pada Gambar 2.5 dapat disimpulkan bahwa nilai VIM pada kadar aspal 6% hingga 6,5% ke 7% berada pada batas maksimum persyaratan yang digunakan. Selain itu, pada kadar aspal 6,5% ke 7% hingga kadar aspal 8% memiliki nilai VIM yang sesuai dengan persyaratan yang digunakan.

Semakin kecil rongga udara maka campuran beraspal akan semakin kedap terhadap air, tetapi udara tidak dapat masuk ke dalam lapisan beraspal sehingga aspal menjadi rapuh dan getas. Semakin besar rongga udara dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan pelelehan yang lebih cepat. Hubungan kadar aspal dengan pelelehan dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Hubungan Kadar Aspal dengan Pelelehan

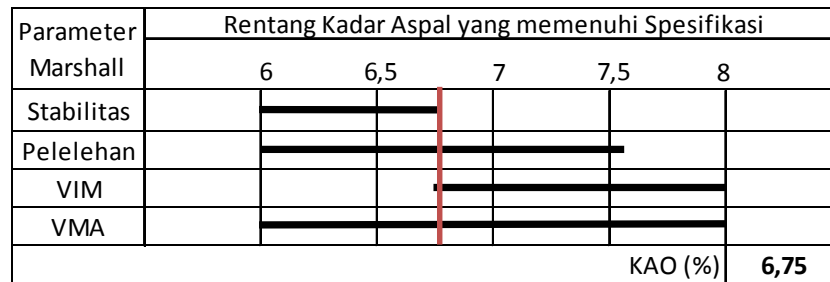
Pada Gambar 2.6 dapat disimpulkan bahwa pelelehan pada kadar aspal 7,5% ke 8% berada di atas batas maksimum spesifikasi pada persyaratan yang digunakan, sedangkan kadar aspal 6% hingga 7,5% memenuhi spesifikasi pada persyaratan yang digunakan. Hubungan kadar aspal dengan stabilitas dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas

Pada Gambar 2.7 dapat disimpulkan bahwa nilai stabilitas tertinggi terdapat pada kadar aspal 6,5% yaitu sebesar 830,58kg. Nilai stabilitas ditentukan berdasarkan material pada campuran beton aspal. Penentuan hasil kadar aspal optimum yang dicari melalui

kadar aspal rencana dan melalui pembacaan grafik hasil pengujian Marshall dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal optimum yang telah didapatkan kemudian digunakan untuk pengujian Marshall selanjutnya terhadap lima jenis campuran agregat kasar yang berbeda komposisi. Uji Marshall yang dilakukan menggunakan pengujian 2x75 tumbukan sesuai pada spesifikasi yang digunakan. Nomor benda uji dibagi berdasarkan komposisi campuran agregat kasar, nomor benda uji 1 mewakili komposisi campuran pada 100% kerikil, nomor benda uji 2 mewakili komposisi campuran pada 100% genteng keramik, nomor benda uji 3 mewakili komposisi campuran pada 25% genteng keramik dan 75% kerikil, nomor benda uji 4 mewakili komposisi campuran pada 50% genteng keramik dan 50% kerikil, serta nomor benda uji 5 mewakili komposisi campuran pada 75% genteng keramik dan 25% kerikil. Rata-rata hasil pengujian Marshall dengan kadar aspal optimum dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Rata-rata Hasil Pengujian Marshall pada Kadar Aspal Optimum

Parameter Marshall	Spesifikasi Div. 6 Bina Marga, 2010 Rev.3		Campuran Agregat Kasar				
			100% K	100% GK	25%GK: 75% K	50% GK: 50% K	75% GK: 25% K
	Min.	Maks.					
Stabilitas (kg)	800	-	928,61	496,88	779,96	820,95	714,81
VMA (%)	14	-	16,75	28,40	25,67	27,67	29,22
VIM (%)	3	5	3,70	17,18	14,03	16,34	18,13
Pelelehan (%)	2	4	3,34	3,47	3,33	4,06	3,89
Keterangan: K : Kerikil GK : Genteng Keramik							

Pada Tabel 2.9 dapat disimpulkan pada campuran agregat kasar 100% kerikil memenuhi seluruh persyaratan Stabilitas, VMA, VIM dan pelelehan. Pada campuran agregat kasar 100% genteng keramik hanya memenuhi persyaratan pada parameter VMA, dan tidak memenuhi persyaratan pada parameter stabilitas, VIM, dan pelelehan. Pada campuran agregat kasar 25% genteng keramik dan 75% kerikil memenuhi persyaratan pada parameter VMA dan pelelehan, serta tidak memenuhi persyaratan pada parameter stabilitas, dan VIM.

Pada campuran agregat kasar 50% genteng keramik dan 50% kerikil hanya memenuhi persyaratan pada parameter stabilitas, dan VMA, serta tidak memenuhi persyaratan pada parameter VIM, dan pelelehan. Pada campuran agregat kasar 75% genteng keramik dan 25% kerikil hanya memenuhi persyaratan pada parameter VMA dan tidak memenuhi persyaratan pada parameter stabilitas, VIM, dan pelelehan. Dapat disimpulkan secara keseluruhan bahwa dari kelima jenis pengujian dengan campuran agregat kasar yang berbeda, laston lapis pengikat gradasi kasar lebih cocok menggunakan bahan agregat kasar berupa 100% kerikil karena memiliki stabilitas dan parameter Marshall yang lolos spesifikasi.

5. SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis data dengan kelima jenis campuran agregat kasar, yaitu: 100% kerikil, 100% genteng keramik, 25% genteng keramik dan 75% kerikil, 50% genteng keramik dan 50% kerikil, serta 75% genteng keramik dan 25% kerikil, dapat disimpulkan bahwa:

1. Kadar aspal optimum yang diperoleh sebesar 6,75%.
2. Hasil analisis yang didapatkan dari tiap jenis campuran agregat kasar:
 - a. Nilai stabilitas yang tertinggi terdapat pada campuran agregat kasar 100% kerikil, yaitu sebesar 928,61kg. Nilai stabilitas lainnya yang memenuhi spesifikasi adalah pada campuran 50% genteng keramik dan 50% kerikil, yaitu sebesar 820,95kg. Sementara itu nilai stabilitas pada campuran 25% genteng keramik dan 75% kerikil, 75% genteng keramik dan 25% kerikil, serta 100% genteng keramik tidak memenuhi batas minimum spesifikasi yaitu 800kg.
 - b. Nilai VMA pada seluruh jenis campuran agregat kasar memenuhi batas minimum spesifikasi sebesar 14%. Nilai VMA terbesar secara berurutan, yaitu 75% genteng keramik dan 25% kerikil, 100% genteng keramik, 50% genteng keramik dan 50% kerikil, 25% genteng keramik dan 75% kerikil, serta 100% kerikil dengan nilainya masing-masing sebesar 29,22%, 28,40%, 27,67%, 25,67%, dan 16,75%.

- c. Nilai VIM pada campuran agregat kasar yang memenuhi spesifikasi hanya terdapat pada 100% kerikil dengan nilai sebesar 3,70%. Hal ini disebabkan karena genteng keramik memiliki daya serap yang besar terhadap air sehingga sulit untuk menyerap aspal.
- d. Pelelehan pada campuran agregat kasar yang memenuhi spesifikasi hanya terdapat pada 100% kerikil, dan 25% genteng keramik dan 75% kerikil dengan nilai sebesar 3,47% dan 3,33%.

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, penggunaan campuran dengan menggunakan genteng keramik tidak disarankan.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Adnan, 2003, Proses Pembuatan Genteng, Jurnal, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Binawan, Jakarta.
2. Aprilia, H., 2009, Evaluasi Pelaksanaan Program Transmigrasi Lokal Model Ring I Pola Tani di Bugel, Kec. Panjatan, Kab. Kulon Progo dan Gesing, Kec. Panggang Kab. Gunung Kidul, Tesis, MPKD Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
3. Ardiansyah, 2010, "Fly Ash" Pemanfaatan dan Kegunaannya, <https://ronymedia.wordpress.com/2010/05/26/fly-ash-pemanfaatan-kegunaannya/>, 17 Januari 2017.
4. Badan Standardisasi Nasional, 1991, SNI 06-2433-1991, Cara Uji Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal dengan Alat Cleveland Open Cup, Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum.
5. Badan Standardisasi Nasional, 1991, SNI 06-2434-1991, Cara Uji Titik Lembek Aspal dengan Alat Cincin dan Bola (Ring and Ball), Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum.
6. Badan Standardisasi Nasional, 1991, SNI 03-2439-1991, Cara Uji Kelekatan Agregat Terhadap Aspal, Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum.
7. Badan Standardisasi Nasional, 1991, SNI 06-2441-1991, Cara Uji Berat Jenis Aspal Keras, Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum.
8. Badan Standardisasi Nasional, 1991, SNI 06-2456-1991, Cara Uji Penetrasi Aspal, Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum.

9. Badan Standardisasi Nasional, 2008, SNI 2417:2008, Cara Uji Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles, Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum.
10. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002, Pt T-01-2002-B, Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur.
11. Kementerian Pekerjaan Umum, 2010, Spesifikasi Umum Perkerasan Aspal Revisi III, Direktorat Jenderal Bina Marga.
12. Henry Liu, W. B., Kirk, 2007, Improving Freezing and Thawing Properties of Fly Ash Bricks, Jurnal, World of Coal Ash (WOCA), Lexington.
13. Pemerintah Republik Indonesia, 2006, Peraturan Pemerintah Nomor 39 Tahun 2006 Tentang Tata Cara Pengendalian dan Evaluasi Pelaksanaan Rencana Pembangunan.
14. Pemerintah Provinsi Jawa Barat, 2015, Standar Biaya Belanja Pemerintah Provinsi Jawa Barat Tahun Anggaran 2015.
15. Saodang, H., 2005, Perancangan Perkerasan Jalan Raya, Nova, Bandung.
16. Sinaga, I., 2002, Penggunaan Limbah Hancuran Genteng Sebagai Alternatif Agregat Kasar pada Campuran Hot Rolled Asphalt, Jurnal Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha, Bandung.
17. Sukirman, 2008, Beton Aspal Campuran Panas, Edisi ke-2, Penerbit Yayasan Obor Indonesia, Jakarta.
18. Universitas Kristen Maranatha, 2001, Pedoman Praktikum Bahan Perkerasan Jalan, Laboratorium Transportasi Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil, Bandung.
19. Yamamoto, 2006, Fly Ash as a Cement Mixture, Public Communications Group Tokyo, Jepang.

DETEKSI TEMPERATUR PERMUKAAN TANAH DI RUAS JALAN ARTERY DENGAN CITRA LANDSAT 8 DAN KORELASINYA DENGAN ARUS DAN KEPADATAN LALU LINTAS

Hendrata Wibisana, Siti Zainab, Fithrie Estikhamah

Jurusan Teknik Sipil, UPN Veteran Jawa Timur

Email : hendrata2008@gmail.com

ABSTRAK

Jalan raya merupakan prasarana yang dibangun sebagai tempat bagi manusia dan barang untuk melakukan perpindahan dari satu tempat ke tempat yang lain. Jalan arteri merupakan jalan dengan jumlah volume lalu lintas yang tinggi, sehingga dengan jumlah volume yang tinggi maka kepadatan per satuan kilometer menjadi besar dan rawan untuk terjadinya polusi gas buang kendaraan yang tersebar sepanjang ruas jalan tersebut. Terjadinya polusi gas buang disamping dari panas mesin kendaraan bermotor akan membuat udara disekitar menjadi tidak stabil. Ada kecenderungan suhu permukaan tanah meningkat akibat peningkatan jumlah kendaraan. Dengan bantuan teknologi penginderaan jauh, hendak dicari hubungan antara nilai temperatur permukaan tanah yang diperoleh dari ekstrak nilai radian citra satelit dengan volume lalu lintas serta kepadatan kendaraan yang terjadi. Dan dari hasil perhitungan dengan mengambil nilai volume kendaraan dan kepadatan kendaraan sebagai variabel independent dan nilai temperatur permukaan tanah sebagai variabel dependent maka diperoleh algoritma hubungan antara karakteristik suatu ruas jalan dengan temperatur dari citra satelit.

Kata kunci : Volume lalu lintas, kepadatan kendaraan, suhu permukaan tanah, citra satelit

ABSTRACT

The highway is an infrastructure built as a place for people and goods to move from one place to another. Arterial road is a road with a high volume of traffic, so with a high amount of volume the density per unit kilometer becomes large and prone to the occurrence of exhaust gas pollution vehicles scattered along the road. The occurrence of exhaust gas pollution in addition to the engine heat of the vehicle will make the air around to become unstable. There is a tendency of rising ground temperatures due to an increase in the number of vehicles. With the help of remote sensing technology, the goal of this research is to find a relationship between the surface temperature of the soil obtained from the extract of the satellite image radian value with the volume of traffic and the density of the vehicle. And from the calculation by taking the value of vehicle volume and vehicle density as independent variables and the value of surface temperature as the dependent variable, the algorithm obtained the relationship between the characteristics of a road segment with the temperature of the satellite image.

Keywords : Traffic volume, density of road, land surface temperature, satellite images

1. PENDAHULUAN

Jalan raya dibangun dalam upaya untuk menyediakan prasarana transportasi yang nyaman dan aman untuk bepergian dari satu tempat ke tempat yang lainnya. Sebagai jalan arteri atau jalan utama yang memiliki jumlah volume lalu lintas

yang tinggi maka jalan raya arteri memiliki kecenderungan kepadatan kendaraan yang tinggi dan kecepatan kendaraan yang melambat. Tingkat populasi kendaraan yang tinggi dalam ruas kilometer jalan utama sering sulit dalam proses pemantauan dikarenakan belum adanya teknologi yang dikembangkan untuk memantau dalam area yang luas. Teknologi penginderaan jauh merupakan salah satu teknologi yang memiliki kemampuan untuk mengcover area dengan luasan yang tinggi serta tingkat keakuratan yang tinggi dalam penyampaian data. Citra satelit yang diperoleh dari pesawat ruang angkasa dapat memberikan gambaran tentang kondisi alam dengan cakupan area yang luas dan dengan banyaknya wahana satelit yang terdapat di ruang angkasa dan dengan adanya sensor yang sangat peka terhadap refleksi dari pancaran sinar matahari yang dipantulkan dari permukaan bumi maka analisa mengenai fenomena perubahan alam yang terjadi didalamnya dapat lebih mudah untuk diamati dan dapat menjangkau daerah yang rawan atau sulit dilakukan pengukuran secara manual (Tang H., 2008; Wan Z., 1996; Yang Y., 2017). Salah satu teknologi yang sedang berkembang dari citra satelit saat ini adalah teknologi penangkapan temperatur permukaan tanah, dimana dari nilai digital number yang setelah dikonversi ke dalam nilai radian dapat memberikan gambaran temperature yang terdapat pada permukaan bumi (Li Z.L.,2013; Lin Y.,2006; Sandholt, 2002; Sandholt, 2009).

2. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan peta sebaran temperature permukaan tanah di beberapa ruas jalan arteri yang terdapat di kota Surabaya dan kemudian mencari hubungan antara nilai temperatur ini dengan nilai kepadatan jalan yang terjadi, apakah dengan nilai kepadatan kendaraan yang tinggi akan menaikkan nilai dari permukaan tanah yang berakibat suhu ruas jalan menjadi semakin panas atau sebaliknya.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dibagi dalam 2 bagian pekerjaan, dimana untuk tahap pertama dilakukan pengukuran kondisi karakteristik lalu lintas di masing-masing ruas jalan yang dipilih. Pengukuran meliputi pengukuran kecepatan kendaraan yang melintas dalam

satuan meter per detik yang dikonversi ke dalam km/jam, volume lalu lintas dalam satuan kendaraan per jam yang nantinya dikonversi ke dalam smp/jam. Pada tiap titik pengamatan kecepatan kendaraan dan volume lalu lintas diukur pula koordinat lintang dan bujur sebagai acuan untuk melanjutkan ke pengukuran tahap 2 berupa pengukuran temperatur permukaan tanah dan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Penentuan koordinat geografis titik sampel penelitian

No	Lintang	Bujur	Ruas Jalan
1	7°17'2.62"S	112°40'11.38"T	Raya Lontar
2	7°17'0.82"S	112°41'29.38"T	Raya HR.Mohammad
3	7°16'53.51"S	112°42'29.96"T	Dukuh Kupang Barat
4	7°15'38.87"S	112°42'30.26"T	Banyu Urip
5	7°16'46.85"S	112°43'51.45"T	Raya Diponegoro
6	7°17'6.32"S	112°44'23.16"T	Raya Darmo
7	7°17'6.98"S	112°42'54.00"T	Raya Dukuh Kupang
8	7°17'28.74"S	112°43'12.04"T	Mayjen Sungkono
9	7°17'50.78"S	112°44'0.99"T	Joyoboyo
10	7°18'40.12"S	112°41'27.10"T	Menganti Karang
11	7°19'8.69"S	112°42'35.03"T	Raya Mastrip
12	7°18'52.17"S	112°44'1.92"T	Raya Wonokromo

Pada bagian 2 dilakukan pengukuran temperatur permukaan tanah dengan memanfaatkan citra satelit Landsat 8 yang memiliki resolusi spasial 100 x 100 meter masing-masing untuk kanal 10 dan kanal 11 dari kanal yang ada pada citra satelit Landsat. Pengukuran nilai digital number sebelum dikonversi menjadi radians dilakukan pada koordinat yang sudah ditentukan saat pengambilan data arus lalu lintas dan kecepatan kendaraan untuk masing-masing sampel ruas jalan, dan gambaran tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.

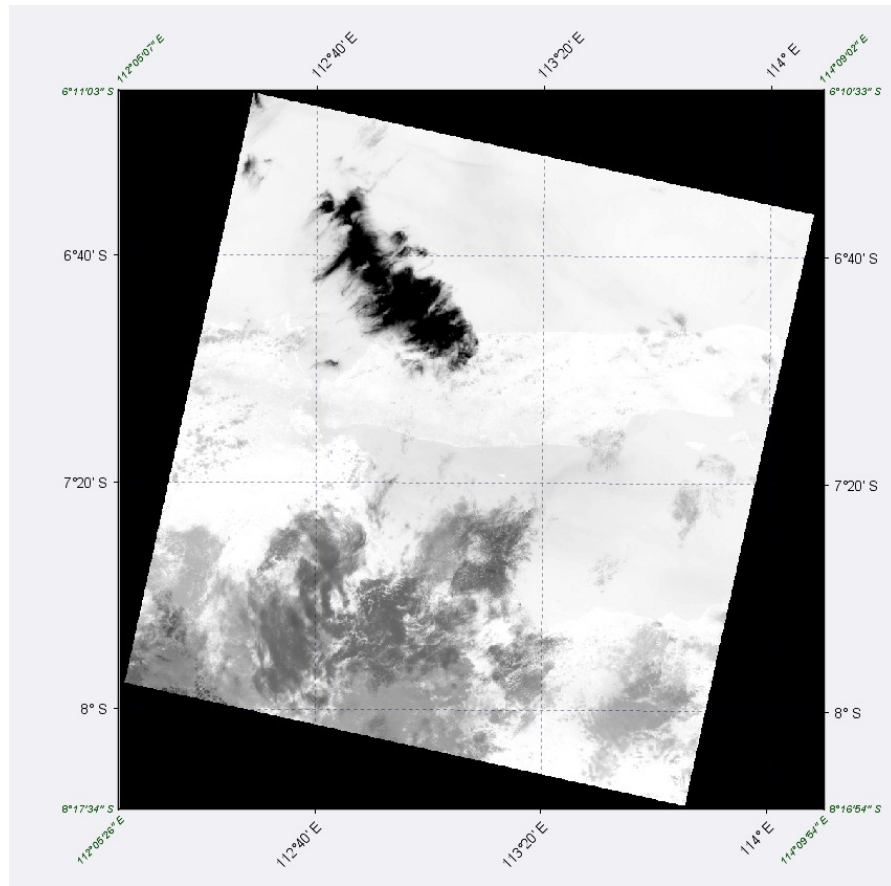


Gambar 1. Peta lokasi titik pengambilan data temperatur permukaan tanah dan data karakteristik jalan

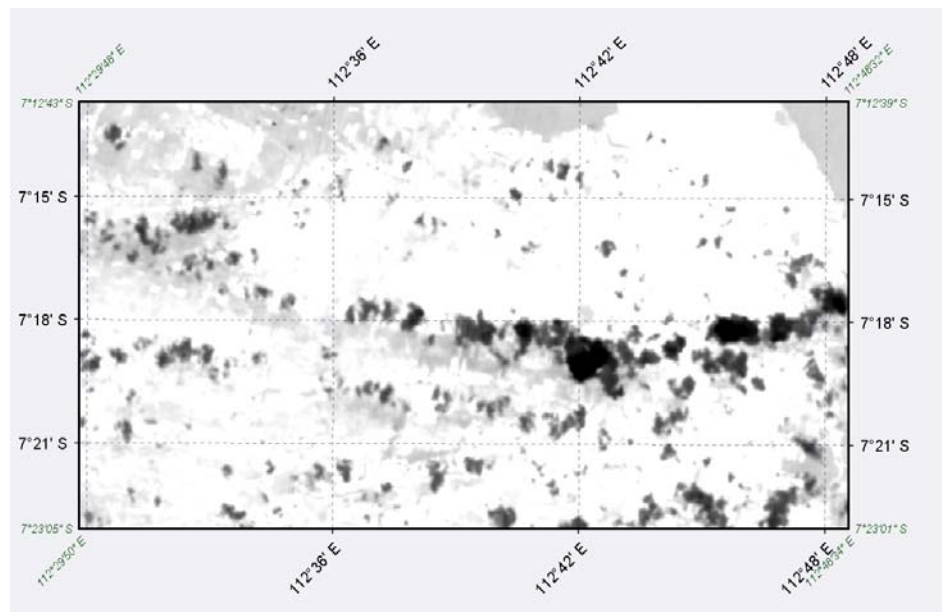
Setelah data koordinat sudah ditetapkan maka dilakukan perhitungan nilai suhu permukaan tanah dengan cara mengekstrak nilai-nilai surface reflektan dari citra satelit Landsat 8. Untuk keperluan tersebut maka dilakukan download citra satelit untuk akuisisi pada bulan April 2017 dan hasilnya diperlihatkan pada Gambar 2, masih dalam bentuk aslinya hasil perekaman sebelum dilakukan proses pemotongan citra sesuai dengan area yang diinginkan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

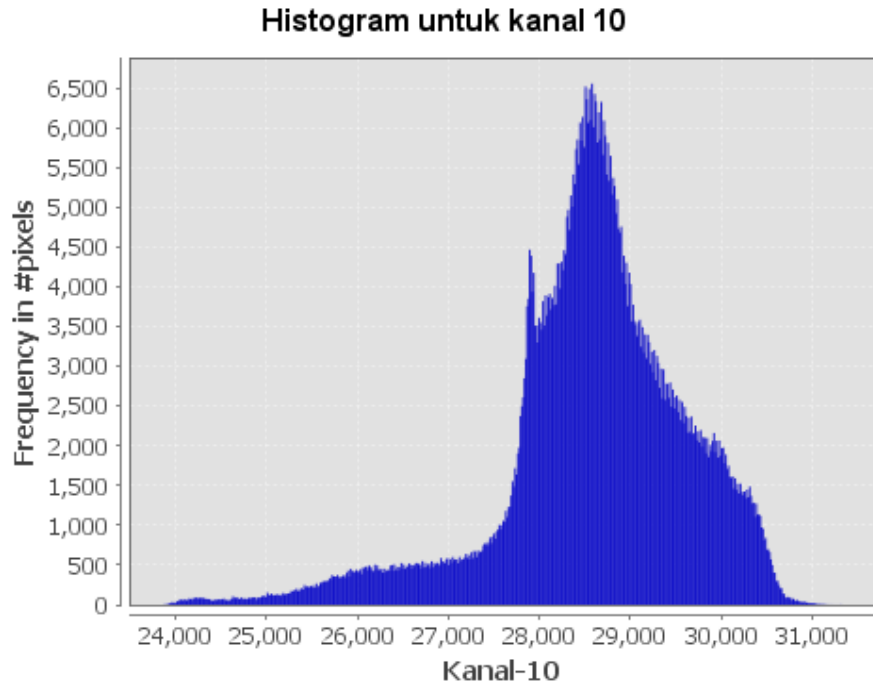
Hasil dari pemotongan citra setelah dilakukan proses rektifikasi dimana proses ini dilakukan untuk meresh koordinat pada citra akibat pemotongan sehingga nantinya diperoleh koordinat yang sama dengan citra aslinya sebelum dipotong. Gambar 3 memperlihatkan citra suhu permukaan tanah sesudah proses rektifikasi.



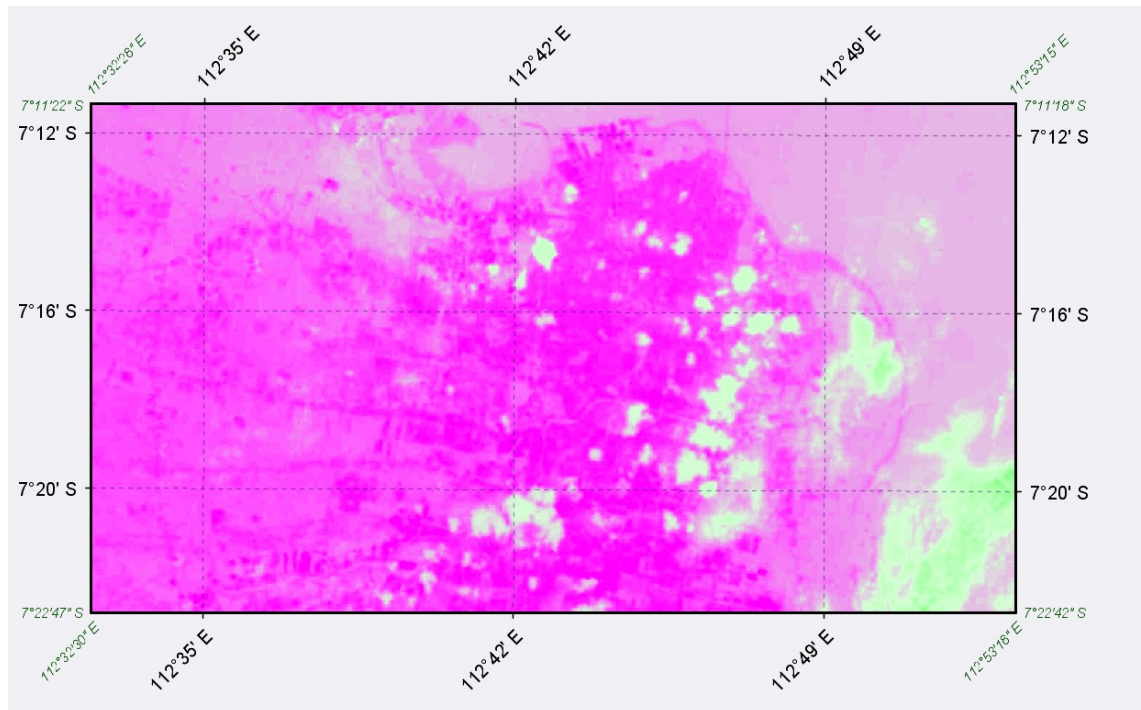
Gambar 2. Citra satelit Landsat TIRS hasil perekaman sebelum di cropping sesuai area penelitian



Gambar 3. Citra Landsat 8 hasil pemotongan sesuai area penelitian



Gambar 4. Histogram dari nilai suhu permukaan tanah citra satelit Landsat 8



Gambar 5. Tampilan pseudocolor dari Citra satelit Landsat 8 pada area penelitian

Untuk nilai histogram dari suhu permukaan tanah diperlihatkan pada Gambar 4., dimana dengan histogram ini memperlihatkan bahwa akumulasi suhu permukaan tanah yang memiliki frekuensi pixel terbanyak ada pada nilai 29°C dengan rentang yang terbesar antara suhu 28°C hingga 31°C, hal ini menunjukkan bahwa pada daerah tersebut nilai suhu berkisar pada interval tersebut atau dapat dikatakan suhu pada beberapa ruas jalan yang terpilih nilainya berkisar pada rentang 28°C hingga 31°C.

Untuk mendapatkan nilai suhu pada koordinat di ruas jalan yang terpilih dilakukan ekstraksi nilai pada citra satelit dan tahap pertama diperoleh nilai digital number dari citra dan nilai-nilai ini diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Sebaran nilai suhu dalam bentuk digital number

Lon	Lat	band 1
112,72323	-7,25532	30079.0
112,69230	-7,26574	30202.0
112,68313	-7,28287	29774.0
112,73174	-7,27861	29869.0
112,73017	-7,29435	29928.0
112,75617	-7,27391	29684.0
112,75454	-7,27364	29577.0
112,74963	-7,26987	28522.0
112,74590	-7,28751	29154.0
112,68949	-7,31295	27137.0
112,67860	-7,30892	25320.0
112,67017	-7,30706	28059.0

Hasil perhitungan nilai reflektan atau brightness temperature dilakukan dengan rumusan :

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L} + 1\right)}$$

Dimana:

- T = temperatur dari citra satelit dalam satuan Kelvin
- K2 = konstanta kalibrasi yang diambil dari metadata Landsat
- K1 = konstanta kalibrasi yang diambil dari metadata Landsat
- L = spektral radians dalam satuan watts/(meter square*ster*µm)

Untuk nilai metadata dari citra satelit Landsat diberikan pada Tabel 4 guna keperluan perhitungan suhu permukaan tanah.

Hasil dari perhitungan nilai digital number ke dalam nilai suhu citra satelit yang didapatkan diperlihatkan pada Tabel 3., dimana pada tabel tersebut juga disertakan hasil dari perhitungan lapangan untuk nilai kecepatan kendaraan dan volume lalu lintas.

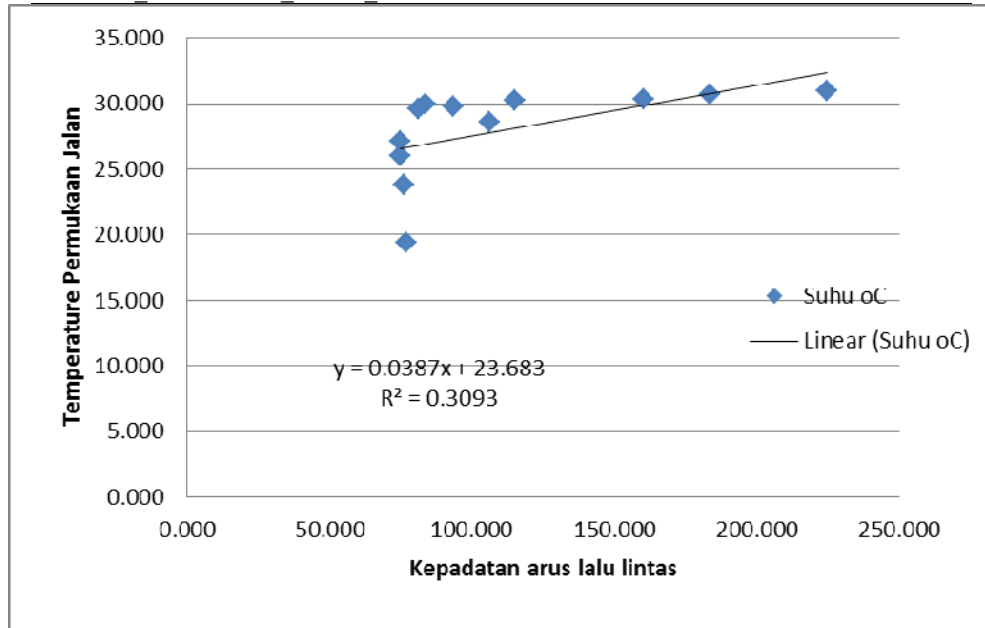
Tabel 3. Data perhitungan lalu lintas dan suhu permukaan tanah

No	S (km/jam)	V (smp/jam)	D (smp/km)	Suhu Oc
1	32,4	5953	183,735	30,695
2	28,7	6451	224,774	30,973
3	32,1	2688	83,738	30,000
4	33,7	3876	115,015	30,217
5	29,5	4729	160,305	30,351
6	32,6	3048	93,497	29,794
7	35,1	2856	81,368	29,549
8	32,8	2461	75,030	27,107
9	29,6	3147	106,318	28,576
10	33,5	2559	76,388	23,823
11	34,8	2681	77,040	19,369
12	37,2	2784	74,839	26,019

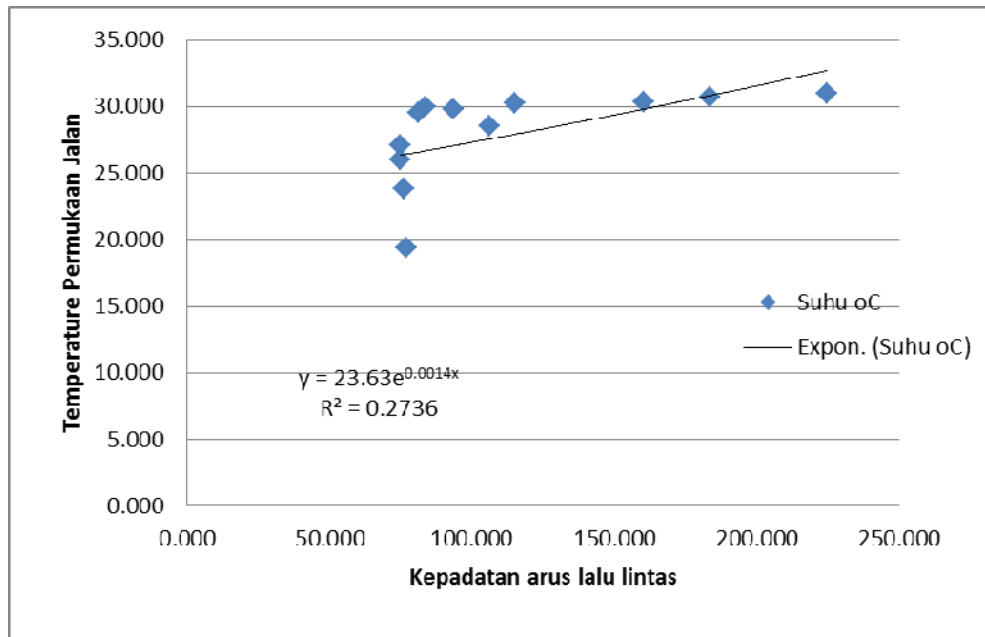
Berdasarkan nilai yang ada pada Tabel 3, maka dapat disusun algoritma penginderaan jauh untuk mendapatkan korelasi hubungan antara suhu permukaan tanah dengan nilai volume lalu lintas dan kerapatan kendaraan per kilometer. Penggambaran dari masing-masing algoritma untuk Kepadatan arus lalu lintas diperlihatkan pada Gambar 6. hingga Gambar 11.

Tabel 4. Metadata Landsat 8 untuk konversi suhu permukaan tanah

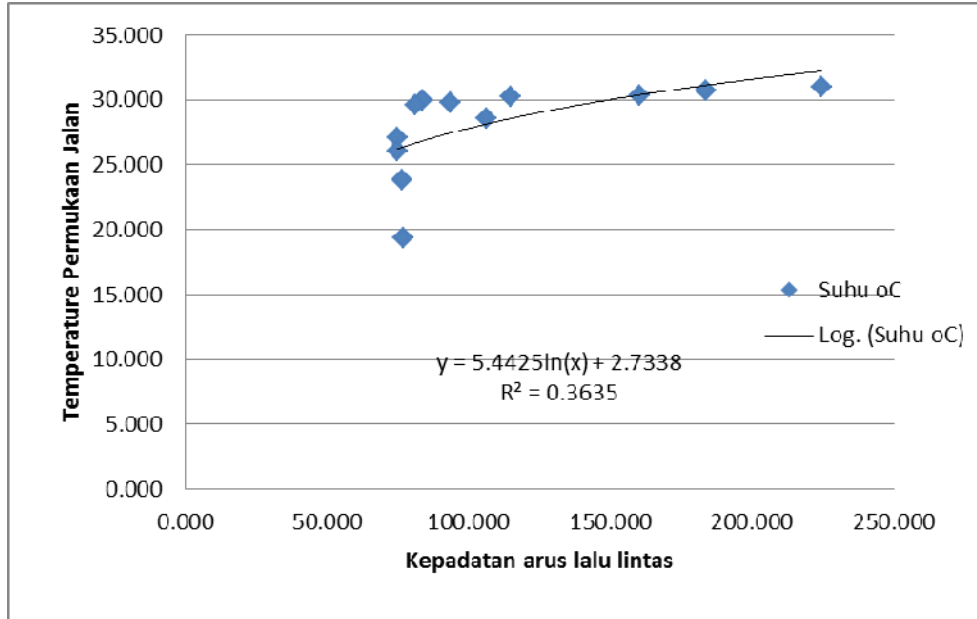
LANDSAT_SCENE_ID	LC81190652015142LGN00
FILE_DATE	2017-05-22T12:50:32Z
MAP_PROJECTION	UTM ; WGS 84 ; UTM_ZONE :49
FILE_NAME_BAND_10	LC81190652017145LGN00_B10.TIF
FILE_NAME_BAND_11	LC81190652017145LGN00_B11.TIF
RADIANCE_MULT_BAND_10	3.3420E-04
RADIANCE_MULT_BAND_11	3.3420E-04
RADIANCE_ADD_BAND_10	0.10000
RADIANCE_ADD_BAND_11	0.10000
K1_CONSTANT_BAND_10	774.8853
K1_CONSTANT_BAND_11	480.8883
K2_CONSTANT_BAND_10	1321.0789



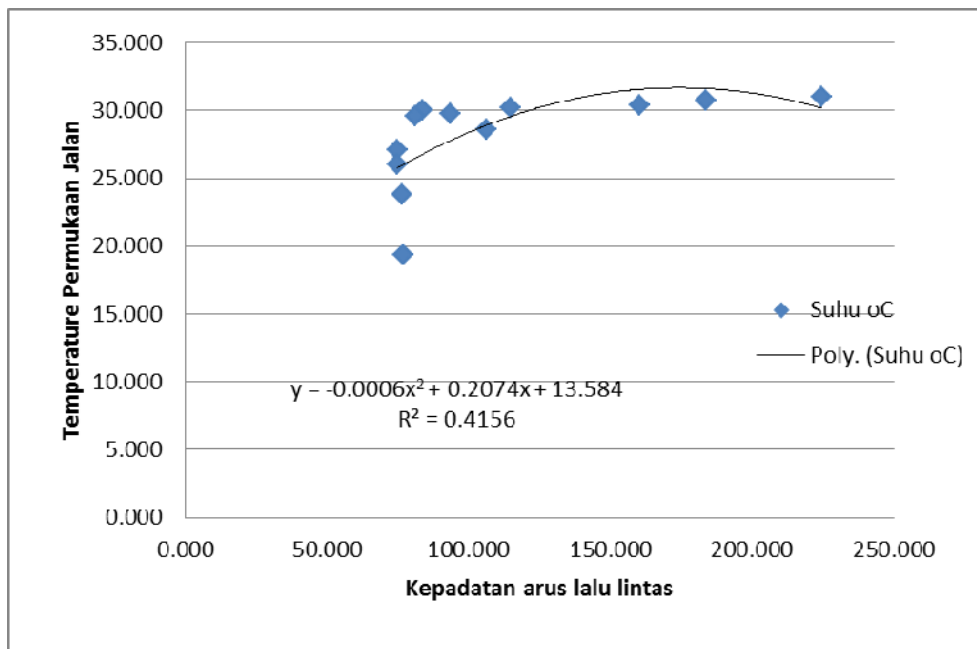
Gambar 6. Algoritma model Linier suhu permukaan tanah



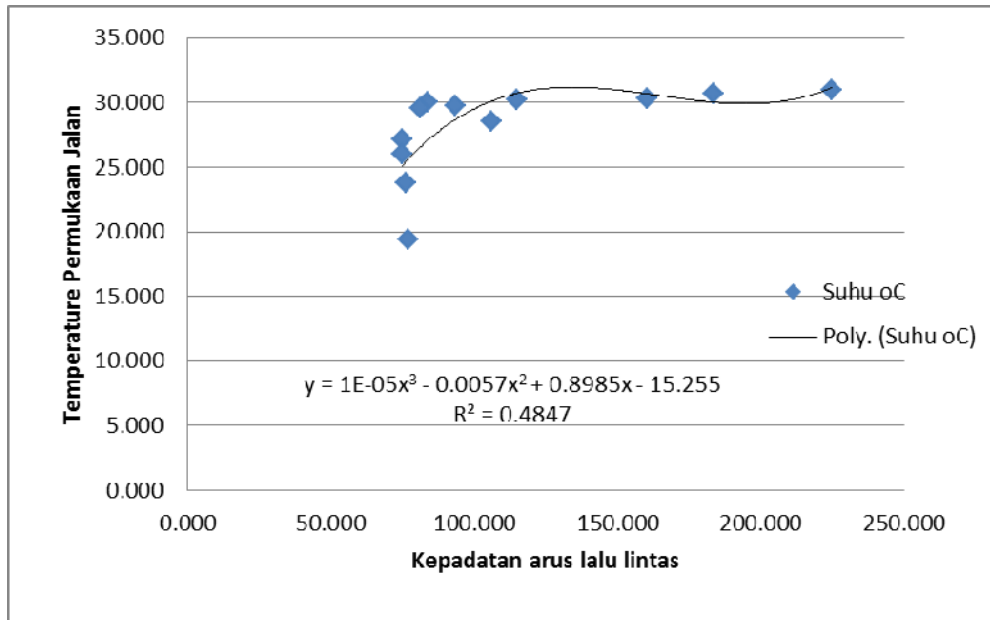
Gambar 7. Algoritma model eksponen suhu permukaan tanah



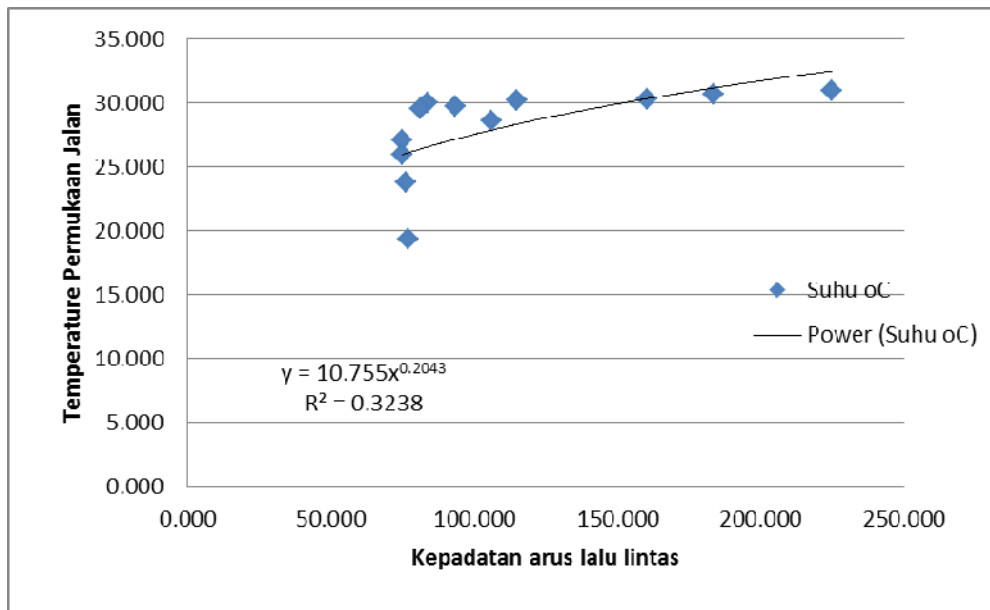
Gambar 8. Algoritma model logaritmik suhu permukaan tanah



Gambar 9. Algoritma model polinom kuadratik suhu permukaan tanah

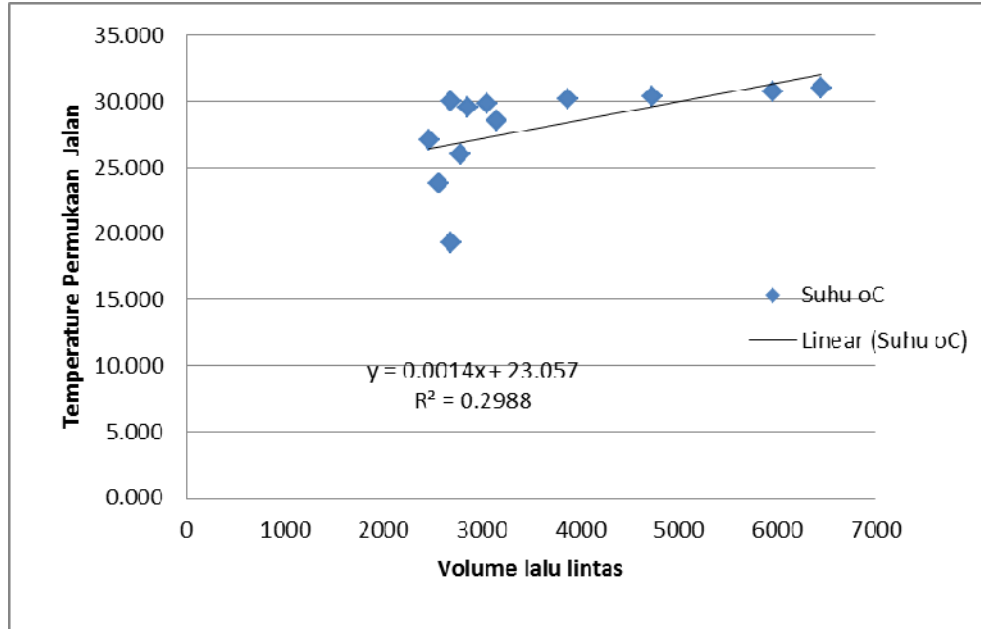


Gambar 10. Algoritma model polinom kubik suhu permukaan tanah

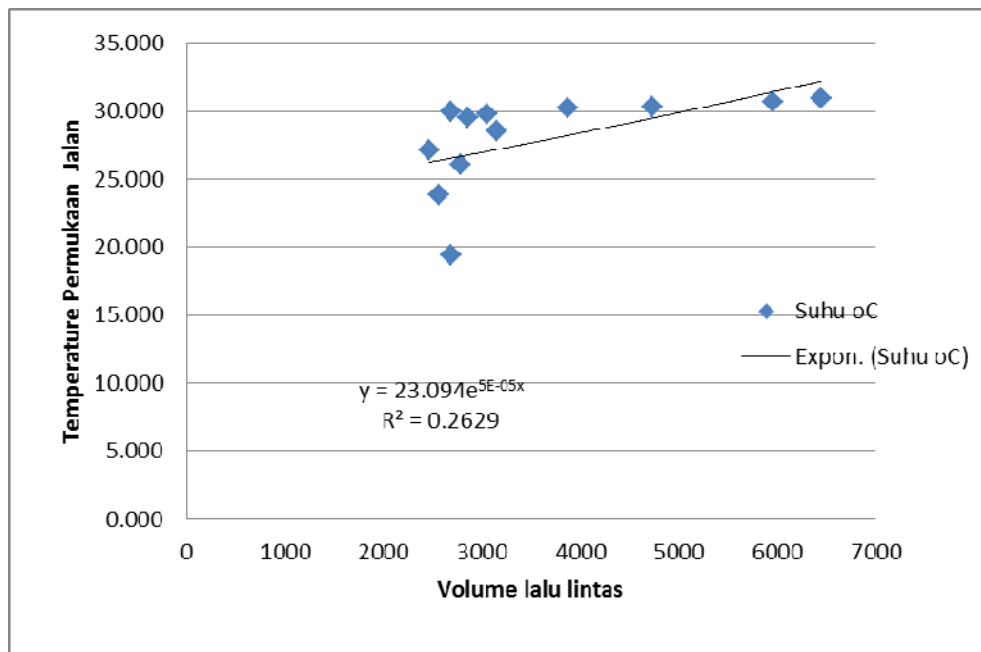


Gambar 11. Algoritma model power suhu permukaan tanah

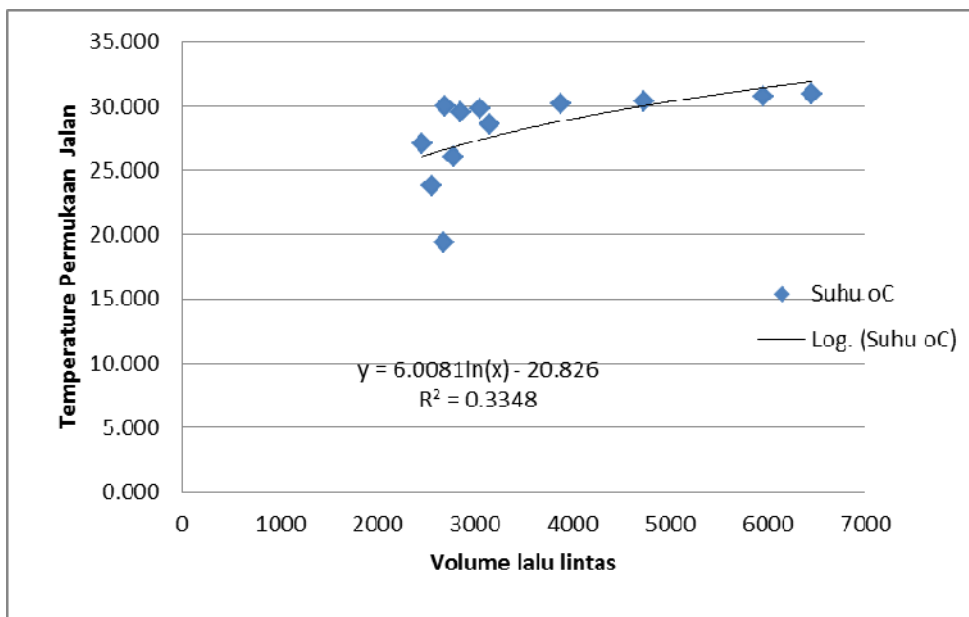
Penggambaran dari masing-masing algoritma untuk Volume lalu lintas diperlihatkan pada Gambar 12. hingga Gambar 17.



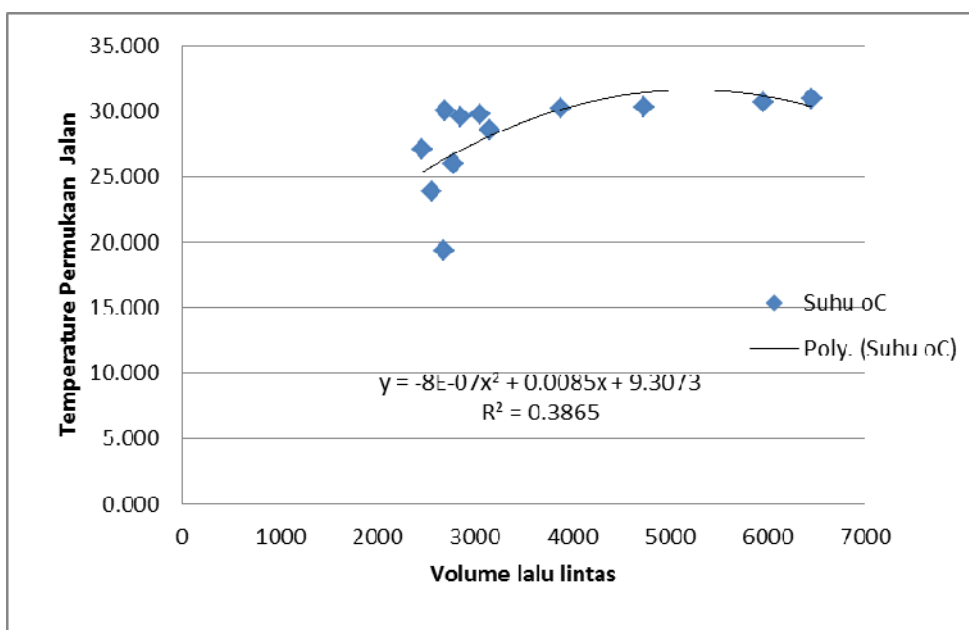
Gambar 12. Algoritma model linier volume lalu lintas



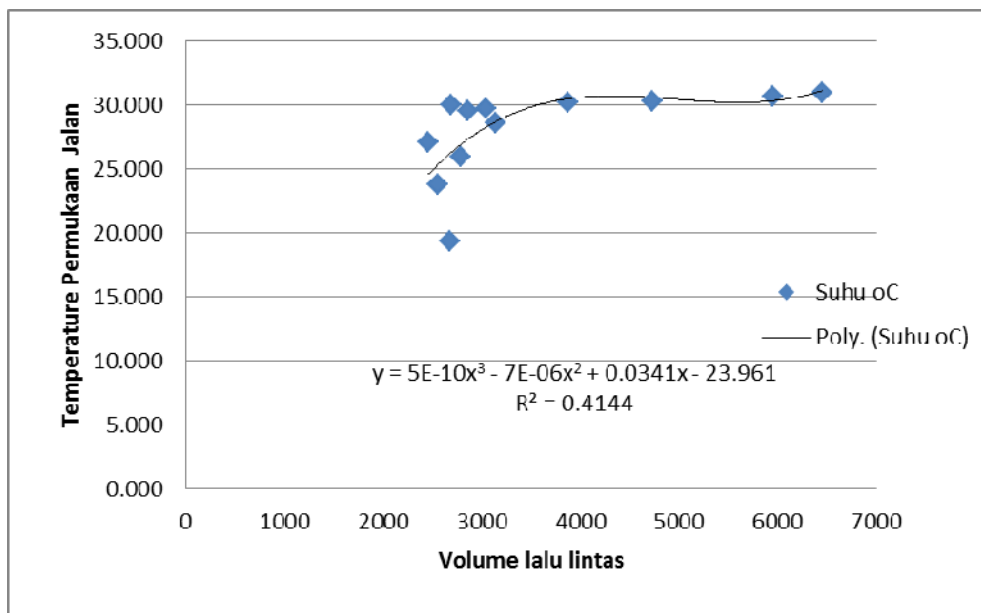
Gambar 13. Algoritma model eksponen volume lalu lintas



Gambar 14. Algoritma model logaritmik volume lalu lintas



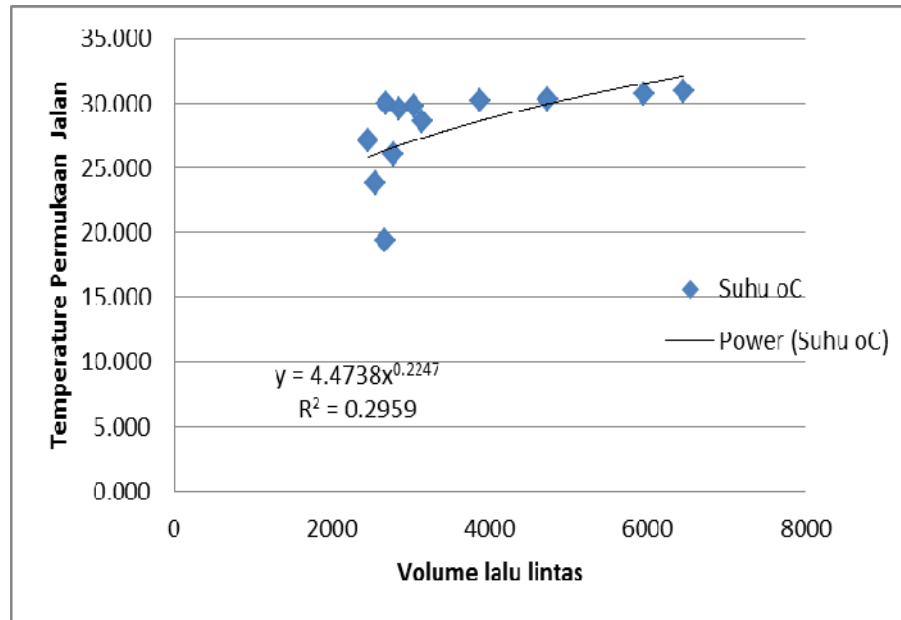
Gambar 15. Algoritma model polinom kuadrat volume lalu lintas



Gambar 16. Algoritma model polinom kubik volume lalu lintas

Dari algoritma penginderaan jauh untuk volume lalu lintas yang diberikan Gambar 12. hingga Gambar 17. Diperoleh gambaran bahwa polinomial kubik memiliki nilai R yang lebih besar dibandingkan dengan model lainnya, dimana untuk model polinomial kubik diperoleh persamaan $y = 5E-10x^3 - 7E-06x^2 + 0,0341x - 23,961$ dengan nilai $R^2 = 0,414$. Untuk hubungannya dengan suhu permukaan tanah berlaku persamaan dimodifikasi sebagai berikut :

$T = 5E-10.V^3 - 7E-06.V^2 + 0,0341.V - 23,961$, dimana T adalah suhu dan V adalah volume lalu lintas.



Gambar 17. Algoritma model power volume lalu lintas

Tabel 5 merupakan resume dari penggambaran grafik yang sudah diberikan sebelumnya dari Gambar 6 hingga gambar 11. Dan diperoleh model yang dapat memberikan gambaran korelasi antara kepadatan lalu lintas dengan suhu permukaan tanah yang dideteksi oleh citra satelit.

Tabel 6. merupakan resume dari penggambaran grafik untuk Gambar 12 hingga Gambar 17 yang menghasilkan nilai R yang terbesar ada pada model polinomial kubik dengan R sebesar 0,414

Tabel 5. Algoritma penginderaan jauh untuk kepadatan lalu lintas terhadap suhu permukaan tanah

No	Algoritma	Model	R ²
1	Linier	$y = 0,0387x + 23,683$	0,309
2	Eksponensial	$y = 23,63e^{0,0014x}$	0,274
3	Logaritmik	$y = 5,4425\ln(x) + 2,7338$	0,364
4	Polinom kuadrat	$y = -0,0006x^2 + 0,2074x + 13,584$	0,416
5	Polinom kubik	$y = 1E-05x^3 - 0,0057x^2 + 0,8985x - 15,255$	0,485
6	Power	$y = 10,755x^{0,2043}$	0,324

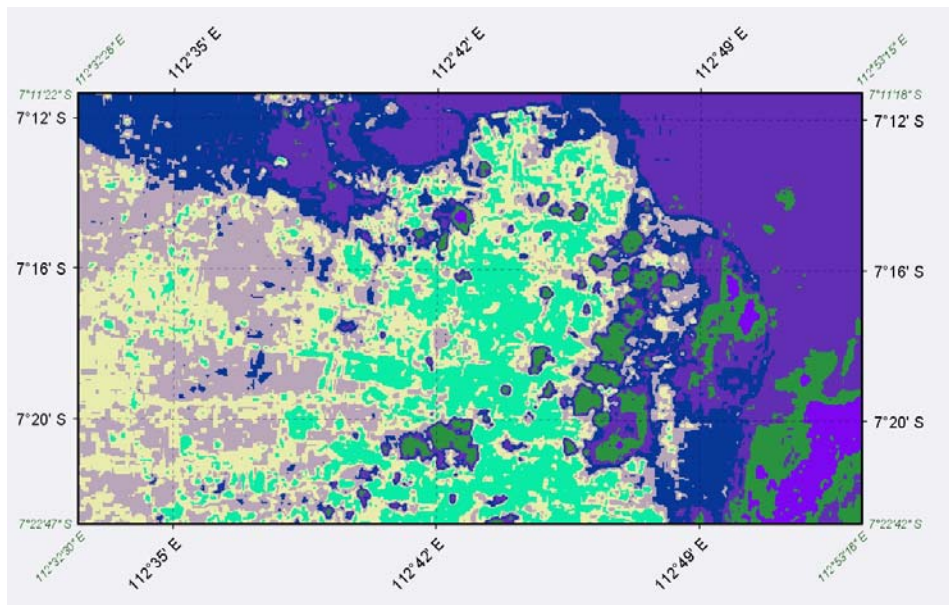
Sumber : hasil perhitungan

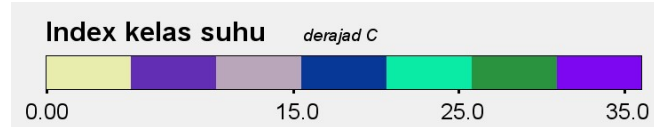
Tabel 6. Algoritma penginderaan jauh untuk volume lalu lintas terhadap suhu permukaan tanah

No	Algoritma	Model	R ²
1	Linier	$y = 0,0014x + 23,057$	0,299
2	Eksponensial	$y = 23,094e^{5E-05x}$	0,263
3	Logaritmik	$y = 6,0081\ln(x) - 20,826$	0,334
4	Polinom kuadrat	$y = -8E-07x^2 + 0,0085x + 9,3073$	0,387
5	Polinom kubik	$y = 5E-10x^3 - 7E-06x^2 + 0,0341x - 23,961$	0,414
6	Power	$y = 4,4738x^{0,2247}$	0,296

Sumber : hasil perhitungan

Dari Tabel 5. Dan Tabel 6. Dapat dilihat bahwa nilai R untuk masing-masing model yang ada pada perhitungan kepadatan arus lalu lintas maupun volume lalu lintas tidak ada yang melebihi 0,5 hal ini dapat terjadi karena pada saat citra satelit diambil oleh pesawat ruang angkasa pada jarak yang lebih dari 700 kilometer untuk satelit Landsat 8, maka gangguan selama proses perekaman gambar dan data menjadi besar, salah satunya adalah gangguan awan dan debu di atmosfer.





Gambar 18. Peta sebaran suhu permukaan tanah dari citra Landsat 8

5. KESIMPULAN

Algoritma penginderaan jauh dapat dikembangkan untuk mendeteksi hubungan antara suhu permukaan tanah dengan kepadatan arus lalu lintas juga volume lalu lintas.

Nilai korelasi yang dihasilkan bervariasi untuk masing-masing model yang dikembangkan dimana untuk kepadatan arus lalu lintas model polinomial kubik memiliki korelasi terbesar dengan nilai $R = 0.485$, demikian juga untuk volume lalu lintas model polinomial kubik memiliki nilai korelasi yang terbesar diantara yang lainnya dengan nilai $R = 0.414$.

Nilai R untuk kepadatan arus lalu lintas dan volume lalu lintas tidak terlalu signifikan, hal ini disebabkan saat perekaman data citra satelit mengalami banyak kendala selama perjalanannya ke muka bumi, sehingga banyak ditemui halangan pada pancaran gelombang elektromagnetik dari sinar matahari yang dipantulkan ke arah sensor pada citra satelit.

6. SARAN

Hasil penelitian ini bisa dikembangkan untuk jenis citra satelit yang lain terutama untuk citra satelit yang memiliki resolusi yang tinggi dan memiliki kanal untuk mendeteksi secara termal fenomena yang terjadi di permukaan bumi seperti suhu permukaan tanah.

Untuk kedepannya perlu dicari algoritma yang lain dengan penambahan variabel iklim dan kelembaban udara sehingga diharapkan panas permukaan bumi dapat dideteksi lewat kanal dari citra satelit dengan lebih akurat.

7. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Jurusan Teknik Sipil UPN Veteran Jatim yang sudah memberikan kemudahan dalam pemakaian laboratorium Sistem Informasi Geografis serta kepada mahasiswa teknik sipil UPN yang sudah bersedia menjadi surveyor lapangan.

8. REFERENSI

1. Gillespie, A.; Rokugawa, S.; Matsunaga, T.; Cothern, J.S.; Hook, S.; Kahle, A.B. , (1998), A temperature and emissivity separation algorithm for Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) images. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* , 36, 1113–1126.
2. Hutengs, C.; Vohland, M. , (2016), Downscaling land surface temperatures at regional scales with random forest regression. *Remote Sens. Environ.* , 178, 127–141.
3. Li, Z.L.; Tang, H.; Wu, H.; Ren, H.; Yan, G.J.; Wan, Z.; Trigo, I.F.; Sobrino, J. , (2013), Satellite-derived land surface temperature: Current status and perspectives. *Remote Sens. Environ.* , 131, 14–37.
4. Liu, Y.; Hiyama, T.; Yamaguchi, Y. , (2006), Scaling of land surface temperature using satellite data: A case examination on ASTER and MODIS products over a heterogeneous terrain area. *Remote Sens. Environ.* , 105, 115–128.
5. Merlin, O.; Duchemin, B.; Hagolle, O.; Jacob, F.; Coudert, B.; Chehbouni, G.; Dedieu, G.; Garatuza, J.; Kerr, Y. ,(2010), Disaggregation of MODIS surface temperature over an agricultural area using a time series of Formosat-2 images. *Remote Sens. Environ.* , 114, 2500–2512.
6. Pan, X.; Liu, Y.; Fan, X. , (2016), Satellite Retrieval of Surface Evapotranspiration with Nonparametric Approach: Accuracy Assessment over a Semiarid Region. *Adv. Meteorol.* , 2016, 1584316.
7. Qu, J.J.; Hao, X.; Kafatos, M.; Wang, L. , (2006), Asian dust storm monitoring combining Terra and Aqua MODIS SRB measurements. *IEEE Geosci. Remote Sens. Lett.* , 3, 484–486.
8. Sandholt, I.; Rasmussen, K.; Andersen, J., (2002), A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of surface moisture status. *Remote Sens. Environ.* , 79, 213–224.
9. Sandholt, I.; Nielsen, C.; Stisen, S. , (2009), A Simple Downscaling Algorithm for Remotely Sensed Land Surface Temperature; American Geophysical Union: Washington, DC, USA, .
10. Tang, H.; Bi, Y.; Li, Z.L.; Xia, J., (2008), Generalized split-window algorithm for estimate of land surface temperature from Chinese geostationary FengYun meteorological satellite (Fy-2C) data. *Sensors* , 8, 933–951.
11. Wan, Z.; Dozier, J. ,(1996), Generalized split-window algorithm for retrieving land-surface temperature from space. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* , 34, 892–905.
12. Yang, Y.; Li, X.; Pan, X.; Zhang, Y.; Cao, C. , (2017), Downscaling Land Surface Temperature in Complex Regions by Using Multiple Scale Factors with Adaptive Thresholds. *Sensors* , 17, 744.
13. Yang, G.; Pu, R.; Zhao, C.; Huang, W.; Wang, J. , (2011), Estimation of subpixel land surface temperature using an endmember index based technique: A case examination on ASTER and MODIS temperature products over a heterogeneous area. *Remote Sens. Environ.* , 115, 1202–1219.

14. Zakšek, K.; Oštir, K. , (2012), Downscaling land surface temperature for urban heat island diurnal cycle analysis. *Remote Sens. Environ.* , 117, 114–124.
15. Zhou, J.; Li, J.; Zhang, L.; Hu, D.; Zhan, W. , (2012), Intercomparison of methods for estimating land surface temperature from a Landsat-5 TM image in an arid region with low water vapour in the atmosphere. *Int. J. Remote Sens.* , 33, 2582–2602.

EVALUASI PENGADAAN BAHAN KONSTRUKSI PADA PROYEK RUMAH SAKIT UNGGUL KARSA MEDIKA

Maksum Tanubrata¹ Rian Adhita Trisyandi²

¹ Dosen Program Studi S-1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen
Maranatha Jl.Prof.Drg.Suriasumantri no 65 Bandung,40164

Email: maksum.tanubrata150@gmail.com

² Alumni Program Studi S-1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen
Maranatha Jl.Prof.Drg.Suriasumantri no 65 Bandung,40164

ABSTRAK

Manajemen bahan konstruksi yang baik merupakan syarat utama untuk menghasilkan penanganan bahan konstruksi yang baik meliputi segi kualitas biaya, waktu, spesifikasi, dan jumlah bahan konstruksi merupakan usaha penting untuk menghasilkan manajemen bahan yang baik. Tujuan Tugas Akhir ini adalah untuk mengetahui hal-hal yang diperlukan dalam proses pengadaan bahan konstruksi pada proyek Rumah Sakit Unggul Karsa Medika. Analisis data meliputi hal-hal yang diperlukan untuk mengevaluasi proses perencanaan, proses pembelian bahan, proses pengiriman bahan, proses penyimpanan bahan, proses pengeluaran bahan, dan metode pengendalian dalam memenuhi kebutuhan bahan. Hasil penelitian didapat proses pengadaan bahan material yang terjadi di lapangan menunjukkan bahwa pengadaan bahan konstruksi pada proyek Rumah Sakit Unggul Karsa Medika sudah baik, meskipun masih ada hal-hal yang perlu diperbaiki lagi dalam pelaksanaannya di lapangan.

Kata Kunci: manajemen bahan, pengadaan, proses

ABSTRACT

Good construction material management is the main requirement to produce good handling of construction materials in terms of quality of cost, time, specification, and quantity of construction materials is an important effort to produce good material management. The purpose of this Final Project is to know the things needed in the process of procurement of construction materials at the project Hospital Unggul Karsa Medika. Data analysis includes the things needed to evaluate the planning process, material purchasing process, material delivery process, material storage process, material expenditure process, and control methods to meet material requirements. The result of the research shows that the material procurement process that occurred in the field shows that the procurement of construction materials at the Hospital project of Unggul Karsa Medika is good, although there are still things that need to be improved again in the implementation in the field.

Keywords: materials management, procurement, process

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pelaksana setiap proyek mencakup pengadaan dan pemrosesan bahan-bahan yang menjadi bagian dari bangunan. Pemakaian material merupakan bagian terpenting yang mempunyai persentase cukup besar dari total biaya proyek. Dari beberapa penelitian

menyatakan bahwa biaya material menyerap 50-70% dari biaya proyek, biaya ini belum termasuk biaya penyimpanan material. Penggunaan teknik manajemen yang baik dan tepat untuk membeli, menyimpan, mendistribusikan, dan menghitung material konstruksi menjadi sangat penting, karena nantinya dapat berpengaruh besar pada biaya pelaksanaan proyek (Ervianto, 2004).

Penyediaan bahan bangunan pada proyek konstruksi memerlukan manajemen yang baik untuk menunjang kelancaran pekerjaan. Dalam proyek konstruksi, bahan merupakan bagian terbesar dari total biaya proyek. Sehingga sudah semestinya bila perusahaan menaruh perhatian besar terhadap proses pengadaannya, termasuk juga dalam menyiapkan dan menangani dokumen yang diperlukan (Suharto, 1995).

Disamping itu, bahan juga bersifat fluktuatif dan rawan terhadap kenaikan harga, sehingga berada dalam jalur kritis dan mendominasi kebutuhan proyek. Kenaikan harga bahan harus diantisipasi pada saat tender, pemesanan, maupun penyimpanan, terutama untuk bahan seperti semen dan besi beton.

Oleh karena itu, dilakukan penelitian mengenai bagaimana kebijakan pengadaan bahan konstruksi saat pembangunan Rumah Sakit Unggul Karsa Medika, dengan cara mengevaluasi proses pengadaan bahan konstruksi untuk mengetahui apakah kebijakan pengadaan bahan sudah sesuai atau tidak.

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian latar belakang tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi proses pengadaan bahan konstruksi yang digunakan di lapangan atau proyek.

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian adalah:

1. Proyek konstruksi yang ditinjau adalah proyek Rumah Sakit Unggul Karsa Medika;
2. Pada penelitian ini obyek penelitian dibatasi pada kinerja prosedur pengadaan bahan yang diterapkan pada proyek;
3. Total volume kebutuhan bahan dan biaya kebutuhan bahan pada pembangunan Rumah Sakit Unggul Karsa Medika tidak dibahas, karena Tugas Akhir ini hanya membahas evaluasi kebijakan prosedur pengadaan bahan konstruksi;
4. Material bahan yang digunakan tersedia dipasaran sehingga tidak memerlukan bahan pengganti.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Manajemen Bahan Konstruksi

2.1.1 Pengertian

Manajemen dapat diartikan sebagai kemampuan untuk memperoleh suatu hasil dalam rangka pencapaian tujuan tertentu melalui kegiatan sekelompok orang. Tujuan yang akan dicapai ditetapkan terlebih dahulu sebelum melibatkan sekelompok orang yang memiliki kemampuan atau keahlian masing-masing untuk mencapai hasil sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Manajemen berfungsi untuk melaksanakan semua kegiatan yang bertujuan untuk mencapai hasil yang diinginkan (George R. Terry, 1994)

Bahan konstruksi (*construction material*) meliputi semua bahan yang akan digunakan untuk pelaksanaan kegiatan membangun suatu bangunan. Bahan konstruksi yang digunakan dalam proses pembangunan suatu proyek dapat dibedakan menjadi dua, yaitu: bahan yang kelak akan menjadi bagian tetap dari struktur (*permanent material*), seperti: semen, batu bata, tulangan baja, dan lain-lain dan bahan yang dibutuhkan kontraktor dalam proses pembangunan proyek tetapi tidak akan menjadi bagian struktur (bahan sementara), seperti: papan untuk bekisting, perancah, bahan peledak, dan lain-lain. Dari uraian di atas, manajemen bahan konstruksi dapat diartikan sebagai pengelolaan bahan yang akan digunakan untuk pelaksanaan konstruksi dengan cara atau metode tertentu agar diperoleh suatu penanganan bahan yang baik, meliputi segi waktu, biaya, kualitas, ataupun spesifikasi dan jumlah bahan, sehingga proses konstruksi dapat berjalan tanpa adanya kendala dari sektor bahan.

2.1.2 Lingkup Manajemen Bahan Konstruksi

Dalam manajemen bahan konstruksi terdapat berbagai proses yang harus dilaksanakan dengan baik. Secara umum, terdapat 3 tahap penting dalam proses manajemen bahan konstruksi, yaitu:

1. Pengadaan atau pembelian bahan yang meliputi:
 - a. Perencanaan pembelian, merupakan perencanaan bahan yang akan dibeli, antara lain: perencanaan spesifikasi, kuantitas, waktu pengadaan, dan biaya bahan.
 - b. Pembelian bahan (*material purchasing*), berupa pencarian informasi bahan yang akan dibeli, pemilihan pemasok atau *supplier*, dan melakukan transaksi pembelian.
2. Penerimaan bahan
Merupakan tahap transisi, ditandai dengan selesainya proses pembelian bahan dan bahan akan disimpan dan siap digunakan untuk kegiatan konstruksi.

3. Penyimpanan bahan sampai bahan diserahkan ke lini pelaksanaan proyek, meliputi:
 - a. penyimpanan bahan.
 - b. pengeluaran bahan dan penyerahan ke lini pelaksanaan proyek.

2.1.3 Pelaku Manajemen Bahan Konstruksi dalam Tim Kerja Proyek

Dalam suatu organisasi manajemen proyek berukuran cukup besar terdapat berbagai departemen yang mempunyai tugas dan peran masing-masing dalam mendukung pelaksanaan proyek. Manajemen bahan konstruksi biasanya ditangani oleh bagian pengadaan suatu organisasi manajemen proyek, baik untuk tim inti proyek kantor pusat maupun tim inti proyek *engineering*-konstruksi di lapangan, sedangkan koordinasi dan pengendalian mutu bahan merupakan tanggung jawab bagian pengawasan dan pengendalian mutu.

Di kantor pusat, bagian pembelian (pengadaan) bekerja sama dengan *engineering* untuk menyusun paket pembelian, tender, dan mengkaji *vendor drawing* (gambar material dari *supplier*) dalam rangka membeli material proyek. Kegiatan tersebut dilakukan di kantor pusat sehingga koordinasi, komunikasi, dan integrasi mudah dilakukan. Bila tahap kegiatan manajemen bahan telah selesai, yang diperlukan untuk konstruksi mulai dipindahkan ke lapangan/lokasi proyek. Pengadaan lapangan bertanggung jawab atas pengadaan material di lokasi (*local purchase*) dan tindak lanjut pemesanan material dari kantor pusat, serta penanganan material di lokasi proyek.

2.1.4 Kontrol Terhadap Proses Manajemen Bahan Konstruksi

Proses manajemen bahan konstruksi agar dapat berjalan dengan baik harus dikontrol, baik oleh bagian manajemen bahan sendiri maupun oleh pengawas dan pengendalian mutu material di lapangan. Kontrol dilakukan sejak perencanaan pembelian, seperti kontrol terhadap bentuk informasi bahan yang akan dibeli dan *supplier* bahan sampai dengan kontrol material di lapangan, seperti: kontrol terhadap penyimpanan bahan dan kontrol terhadap proses pengeluaran bahan sampai diserahkan ke pelaksana konstruksi.

Kontrol dilakukan agar setiap proses manajemen bahan konstruksi dapat dijalankan sesuai dengan prosedur yang ada, sehingga kualitas, kuantitas, waktu pengadaan, dan biaya material benar-benar sesuai dengan rencana atau bahkan dapat lebih baik. Langkah-langkah dan hal-hal yang diperlukan untuk mengontrol proses manajemen bahan konstruksi sebaiknya disusun dengan baik, sehingga dapat dijalankan tanpa ada kendala dalam pelaksanaannya dan dapat dihasilkan suatu penanganan bahan konstruksi yang baik sehingga secara umum dapat melancarkan pelaksanaan kegiatan proyek.

Langkah-langkah dan hal-hal yang diperlukan untuk mengontrol proses manajemen bahan konstruksi meliputi kontrol terhadap bentuk informasi bahan, kontrol terhadap proses pembelian, kontrol terhadap kualitas dan spesifikasi bahan, kontrol terhadap manajemen kualitas bahan, kontrol terhadap proses pemeriksaan dan pengujian bahan, kontrol terhadap proses penerimaan akhir, kontrol terhadap penyimpanan bahan, dan kontrol terhadap pengeluaran bahan.

2.2 Pengadaan Bahan Konstruksi

Dalam struktur organisasi manajemen proyek mempunyai peranan sangat penting dalam penanganan bahan konstruksi yang akan menjadi salah satu syarat penting dalam pelaksanaan kegiatan konstruksi. Pengadaan bahan konstruksi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu:

1. Produksi sendiri, yaitu dengan memproduksi sendiri bahan konstruksi yang diperlukan untuk kegiatan konstruksi. Pada umumnya dalam suatu proyek yang diperlukan untuk kegiatan konstruksi, material yang diproduksi sendiri oleh pelaksana adalah sangat kecil, baik jenis ataupun kuantitas materialnya. Bahan konstruksi yang diproduksi sendiri biasanya dilakukan langsung di lokasi proyek. Bahan konstruksi yang dapat diproduksi sendiri antara lain: batako, *paving block*, dll.
2. Pembelian, yaitu dengan membeli bahan konstruksi dari pemasok atau *supplier* bahan konstruksi. Pembelian sangat penting karena sebagian besar bahan konstruksi yang diperlukan untuk kegiatan konstruksi diperoleh dengan cara membeli. Proses pembelian harus benar-benar ditangani dengan baik, sejak perencanaan pembelian, pembelian, sampai dengan proses pengantaran bahan ke lokasi proyek. Proses

pembelian sendiri mempunyai lingkup cukup luas, yaitu sejak perencanaan bahan yang akan dibeli, sampai bahan diantar ke proyek.

Kegiatan pembelian mempunyai pengaruh sangat besar terhadap mutu manajemen proyek secara total. Dalam pelaksanaan suatu proyek konstruksi, biaya bahan konstruksi mempunyai bobot sangat besar, dapat berkisar antara 50% sampai 70% dari total biaya proyek. Oleh karena itu, departemen manajemen bahan tidak hanya berperan secara efektif dalam proses pembelian tetapi harus bertanggung jawab terhadap mutu material, harga, dan penyerahan pada waktu yang tepat untuk pelaksanaan pembangunan.

2.2.1 Fungsi Pembelian

Terdapat perbedaan mendasar berkaitan dengan fungsi pembelian dan departemen pengadaan, sebagai sebuah fungsi. Pembelian berlaku untuk semua jenis bisnis dan bertujuan untuk mendapatkan bahan sesuai dengan pesanan, sedangkan departemen pengadaan sebagai salah satu bagian tim kerja suatu organisasi proyek, mempunyai kewajiban untuk bertanggung jawab atas proses pembelian itu sendiri, penanganan fungsi bahan yang merupakan hasil pembelian, dan juga kemungkinan bertanggung jawab atas kegiatan lain yang berhubungan dengan pembelian.

Secara lebih terperinci, fungsi pembelian bahan konstruksi dapat berupa:

1. Fungsi biaya

Pembelian bahan konstruksi berusaha untuk melakukan penghematan anggaran atau biaya sebuah proyek konstruksi dari segi bahan, di mana seperti yang telah disebutkan sebelumnya bahwa bahan konstruksi mempunyai bobot besar terhadap biaya sebuah proyek. Menurunkan biaya bahan konstruksi merupakan langkah efektif untuk menurunkan anggaran pengeluaran sebuah proyek, sehingga diperoleh keuntungan secara materi dari keseluruhan pelaksanaan proyek konstruksi. Penghematan dilakukan tanpa mengurangi kualitas bahan yang akan dibeli adalah hal penting, agar tidak mengurangi kualitas bangunan yang dihasilkan.

2. Fungsi perolehan

Ini merupakan fungsi untuk mengadakan jumlah pasokan bahan yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan pelaksanaan kegiatan konstruksi. Dalam pelaksanaan pembangunan, yang diperlukan adalah bagaimana penyerahannya ke lini pelaksanaan proyek konstruksi. Hal yang terpenting untuk mendapat perhatian adalah agar pemesanan bahan konstruksi dari perusahaan *supplier* dapat diterima sesuai dengan jumlah dan spesifikasi bahan yang dipesan, mutu standar, dan waktu penyerahan sesuai dengan yang telah dijadwalkan dalam surat pemasaran.

2.2.2 Perencanaan Pembelian

Rencana pembelian harus dibuat dengan mempertimbangkan semua aspek terkait agar hasil yang diperoleh sesuai dengan fungsi pembelian sebagaimana telah dibahas pada sub bab sebelumnya. Perencanaan pembelian bahan konstruksi meliputi perencanaan spesifikasi bahan, perencanaan kuantitas, perencanaan waktu pengadaan, dan perencanaan biaya yang akan dikeluarkan untuk pembelian bahan.

Dalam perencanaan pembelian, departemen pengadaan dapat bekerja sama dengan pihak lain terkait, seperti bagian keuangan dan konsultan perencana. Oleh karena itu, semua pihak pendukung pelaksanaan proyek harus dapat bekerja sebagai satu kesatuan yang utuh.

2.2.2.1 Perencanaan Spesifikasi Bahan

Spesifikasi bahan berupa perincian tentang mutu atau kualitas, ukuran, warna, dan jenis bahan yang akan dibeli. Spesifikasi bahan konstruksi biasanya telah ditetapkan dalam rencana kerja dan syarat-syarat pekerjaan suatu proyek konstruksi, yang dibuat oleh konsultan perencana atau pihak lain yang merencanakan proyek. Namun dalam pelaksanaan pembelian, sering kali spesifikasi yang terdapat pada rencana kerja proyek kurang jelas dan bila hal ini terjadi, pihak manajemen bahan harus dapat menentukan secara jelas spesifikasi bahan yang akan dibeli.

Selain itu, sering kali spesifikasi bahan yang terdapat dalam rencana kerja proyek tidak dapat diperoleh, terlalu mahal, ataupun tidak sesuai penggunaannya untuk pelaksanaan pekerjaan yang bersangkutan. Untuk mengatasi hal ini, pihak manajemen bahan harus dapat merencanakan ulang bahan yang akan dibeli dengan persetujuan pihak terkait, seperti konsultan perencana, pengawas lapangan, kontraktor pelaksana, atau *owner*. Perencanaan ulang bahan harus memperhatikan syarat-syarat penggantian bahan konstruksi yang tertera pada rencana kerja proyek, misalnya: kekuatan bahan pengganti tidak boleh lebih kecil dari kekuatan bahan rencana, biaya tambahan pembelian bahan merupakan tanggungan kontraktor pelaksana proyek, spesifikasi lain (ukuran, warna dan jenis) dari bahan pengganti tidak boleh berbeda jauh dari spesifikasi bahan rencana, dan lain-lain.

2.2.2.2 Perencanaan Jumlah Bahan

Perencanaan kuantitas atau jumlah bahan konstruksi yang akan dibeli sangat penting, karena kuantitas bahan sangat berpengaruh pada biaya yang akan dikeluarkan untuk pembelian bahan. Jumlah bahan konstruksi yang akan dibeli harus direncanakan dengan memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Jumlah kebutuhan bahan untuk pelaksanaan proyek;
2. Kemungkinan adanya bahan yang tidak dapat digunakan (*waste material*);
3. Kapasitas penyimpanan bila bahan tidak langsung digunakan.

Berdasarkan ketiga hal di atas, departemen pengadaan melakukan perhitungan jumlah bahan konstruksi untuk keperluan pelaksanaan proyek dengan mempertimbangkan jumlah bahan konstruksi untuk keperluan perencanaan, persediaan, jadwal, dan penerimaan.

Pengaturan jumlah persediaan bahan pada kondisi optimum perlu diperhatikan agar tidak terjadi persediaan berlebihan, sehingga merugikan dari segi biaya yang telah dikeluarkan. Selain itu, persediaan yang tidak mencukupi kebutuhan kegiatan pembangunan akan mengakibatkan terhentinya proses pelaksanaan proyek, ini akan mengakibatkan pekerja di lapangan menganggur dan bagian pekerjaan yang seharusnya dapat dilaksanakan menjadi tertunda, sehingga waktu pelaksanaan proyek tidak dapat berjalan sesuai dengan *time schedule*.

2.2.2.3 Perencanaan Waktu Pengadaan

Waktu pelaksanaan setiap pekerjaan proyek memerlukan bahan konstruksi tertentu sangat penting untuk diketahui karena bahan yang dibutuhkan harus tersedia pada saat pekerjaan akan dilakukan. Setelah mengetahui jadwal pelaksanaan masing-masing bagian pekerjaan, pihak manajemen bahan harus mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan sejak perencanaan pembelian bahan sampai bahan siap digunakan, biasanya disebut dengan *lead time*. Dengan mengukur waktu pelaksanaan pekerjaan di lapangan dengan *lead time* bahan, maka proyek diharapkan dapat berjalan sesuai *time schedule*.

Dengan memperhitungkan *lead time* untuk semua jenis bahan konstruksi yang akan dipesan maka akan terhindar dari ketidakpastian *supply* bahan dari perusahaan pemasok karena perusahaan pemasok memiliki waktu cukup dalam mempersiapkan proses produksinya. Beberapa macam *lead time* adalah:

1. *Lead time* untuk persiapan dokumen

Merupakan periode antara diputuskannya jumlah bahan yang akan dibeli untuk digunakan dalam pelaksanaan proyek sampai dengan saat dikeluarkan surat pemesanan oleh departemen pengadaan. Perencanaan kuantitas bahan yang diperlukan

harus dilakukan seakurat mungkin untuk menghindari kemungkinan kekurangan atau kelebihan bahan. Periode ini harus dapat dilakukan dengan sesingkat mungkin agar dapat mempersingkat *lead time* secara keseluruhan koordinasi antara bagian terkait harus dilakukan dengan baik.

2. *Lead time* pengadaan

Merupakan waktu saat dikeluarkan surat pemesanan sampai dengan waktu saat penyerahan material untuk pertama kalinya. Periode ini harus mempertimbangkan waktu yang diperlukan perusahaan *supplier* untuk mempersiapkan bahan konstruksi yang dipesan oleh pembeli. Hal yang perlu dipertimbangkan adalah bahwa untuk menyediakan bahan konstruksi tertentu, perusahaan *supplier* mempunyai tahapan pelaksanaan siklus produksi, yaitu waktu yang dibutuhkan untuk melakukan persiapan pengadaan bahan baku dan waktu untuk memproduksi bahan, misal kuda-kuda dari baja, *supplier* harus mempersiapkan bahan baja untuk proses produksinya dan waktu untuk menghasilkan kuda-kuda baja sesuai spesifikasi pembeli.

3. *Lead time* untuk memajukan pengiriman

Adalah periode antara saat penerimaan bahan sampai bahan sampai saat dimulainya pelaksanaan pekerjaan bagian proyek konstruksi yang membutuhkan bahan tersebut. Periode ini diperlukan untuk proses inspeksi penerimaan, proses inventarisasi, dan penyimpanan. Dalam periode ini juga harus mempertimbangkan risiko terhadap kemungkinan terjadinya penundaan oleh *supplier*.

Lead time pengadaan merupakan bagian sangat penting dalam *lead time* pelaksanaan proyek konstruksi secara keseluruhan. Mengingat adanya keragaman sifat masing-masing bahan konstruksi, bagian pengadaan harus mengenal dengan baik sifat setiap jenis bahan konstruksi dengan mengelompokkannya menjadi beberapa kelas, kemudian dapat ditentukan standar *lead time* pengadaan.

2.2.2.4 Perencanaan Biaya Bahan

Biaya yang digunakan untuk bahan konstruksi sangat berpengaruh pada biaya proyek secara keseluruhan, oleh karena itu perencanaan harga bahan yang akan dibeli sangat diperlukan untuk mengurangi *budget* proyek yang berlebihan dari sektor bahan. Berdasarkan proses pengadaan bahan, biaya bahan konstruksi terdiri atas:

1. Biaya pembelian, berupa biaya yang dikeluarkan untuk membeli bahan dari pihak *supplier*, termasuk biaya administrasi, harga bahan, dan keuntungan lain bagi *supplier*.

2. Biaya penyerahan, berupa biaya pengantaran bahan ke lokasi proyek atau ke tempat penyimpanan. Biaya ini tidak diperlukan apabila kontrak pembelian sudah termasuk pengantaran bahan, dimana *supplier* bertanggung jawab atas pengantaran bahan.
3. Biaya penyimpanan, yaitu biaya yang diperlukan selama proses penyimpanan bahan, baik di lokasi proyek ataupun di tempat penyimpanan lain.

Penyederhanaan sistem administrasi, penjadwalan penerimaan, dan pengaturan jumlah material yang baik, merupakan hal-hal yang perlu dilakukan untuk penghematan biaya bahan.

2.2.3 Pembelian Bahan (*Material Purchasing*)

Tindak lanjut kegiatan perencanaan bahan adalah pembelian. Hal-hal yang perlu dilakukan dalam proses pembelian bahan meliputi: pencarian informasi dipasaran tentang bahan yang akan dibeli, pemilihan pemasok bahan, dan transaksi pembelian. Ketiga proses pembelian tersebut harus dilakukan dengan baik dan dikontrol dengan cermat agar dapat diperoleh bahan sesuai dengan aspek-aspek yang ada pada proses perencanaan bahan.

2.2.3.1 Informasi Bahan

Informasi tentang bahan yang akan dibeli berupa keterangan tentang spesifikasi bahan, gambar, harga bahan, dan yang paling penting yaitu bagaimana proses produksi bahan berlangsung, serta informasi kasus didapat dari berbagai sumber, seperti media cetak atau media elektronik yang disajikan oleh *supplier* dalam berbagai bentuk iklan atau melalui pemantauan oleh pihak pembeli ke toko atau pabrik penyedia bahan.

Informasi bahan yang akurat sangat diperlukan dalam pengambilan keputusan berkaitan dengan jenis bahan dan *supplier* yang akan dipilih. Misalkan dalam pembelian pipa PVC, bentuk standar pipa, kualitas sesuai dengan rencana pembelian, serta harga sesuai dengan spesifikasi pipa dan tidak melampaui biaya bahan yang telah direncanakan merupakan syarat-syarat dari pipa yang akan dipilih. Untuk itu informasi akurat pipa sangat diperlukan agar pipa yang dibeli benar-benar sesuai dengan segala aspek yang telah direncanakan dan dapat dipergunakan dengan baik untuk pelaksanaan proyek.

Selain pencarian informasi bahan, kontrol terhadap informasi yang telah didapatkan merupakan langkah penting untuk dilakukan agar isi informasi tersebut benar-benar akurat dan dapat dipercaya. Kontrol terhadap informasi bahan antara lain berupa adanya kemungkinan perubahan isi informasi akibat adanya ketidaksesuaian antara hasil pemantauan langsung dengan data informasi sebelumnya.

2.2.3.2 Pemilihan *Supplier*

Supplier yang baik adalah sumber berharga bagi pelaksanaan proses pembelian bahan konstruksi. *Supplier* atau pemasok bahan yang baik akan memberikan kontribusi terhadap suksesnya suatu pengadaan bahan. *Supplier* dapat membantu pelanggan dengan pengembangan kualitas produk yang disediakan, analisis harga bahan, dan pengantaran sesuai jadwal yang telah disepakati. Membina hubungan baik antara pembeli dengan *supplier* merupakan usaha dari pembeli untuk mendapatkan kinerja baik, layanan ekstra (*extra service*), program pengurangan harga, dan kemauan untuk membagi pengetahuan baru mengenai proses dan prosedur pembelian bahan dari *supplier*.

Pemilihan *supplier* yang tepat merupakan kunci untuk mendapatkan penyediaan bahan dengan kualitas yang diharapkan, tepat waktu, harga yang sesuai, dukungan teknis (seperti: petunjuk penggunaan bahan yang baik dan penyediaan fasilitas tambahan), dan pelayanan sesuai dengan yang diharapkan. Pembeli harus melakukan enam langkah penting untuk mendapatkan *supplier* yang tepat, yaitu:

1. Memelihara hubungan baik dan mengembangkan pemasok bahan utama, yang sebelumnya telah dapat memenuhi syarat sebagai *supplier* yang tepat;
2. Pelajari data *supplier*, kemudian terapkan strategi dan prosedur pemilihan yang tepat untuk mendapatkan *supplier qualified* (memenuhi syarat);
3. Calon *supplier* harus dievaluasi dengan teliti dan mempunyai potensi untuk menjadi rekan pemasok yang dapat memuaskan pembeli;
4. Putuskan apakah memilih *supplier* dengan cara memantau persaingan antara calon pemasok atau dengan melakukan negosiasi dengan calon *supplier*;
5. Lakukan penilaian kelayakan kerja sama dan pilih *supplier* yang tepat;
6. Tangani *supplier* terpilih untuk memastikan adanya pengantaran bahan tepat waktu dengan kualitas diinginkan dan harga sesuai.

Pembeli harus dapat memelihara hubungan baik dan mengembangkan pemasok bahan utama, agar pemasok benar-benar dapat memenuhi keinginan pembeli. Beberapa aspek penting yang perlu diperhatikan dalam rangka melakukan seleksi terhadap *supplier* adalah:

1. Status perusahaan *supplier*;
2. Struktur organisasi perusahaan;
3. Nilai aset;
4. Lokasi perusahaan;
5. Jenis produksi;

6. Jenis dan jumlah peralatan produksi;
7. Pelanggan-pelanggan dari *supplier*;
8. Perolehan material;
9. Sistem pengendalian proses produksi;
10. Sistem pengendalian kualitas oleh *supplier*.

Beberapa aspek di atas sebaiknya dipelajari dengan baik untuk menyusun strategi dan prosedur yang tepat dalam pemilihan *supplier*. Informasi mengenai *supplier* merupakan elemen penting untuk penentuan *supplier* terpilih. Departemen pengadaan harus menyimpan informasi mengenai *supplier*, baik aktual atau yang terdahulu, antara lain berisi nama setiap pemasok, catatan proses pengantaran bahan oleh pemasok, sifat keseluruhan masing-masing *supplier*, dan informasi umum lainnya masing-masing *supplier* atau pemasok bahan konstruksi. Penilaian terhadap *supplier* dapat dilakukan melalui dua tahap, pertama berupa penilaian berdasarkan data *supplier* yang terdapat pada informasi *supplier*. Setelah data dipelajari dengan baik, maka tahap berikutnya dapat berupa tahap kunjungan ke perusahaan *supplier* untuk melakukan penelitian lebih lanjut.

Dalam proses pembelian, maksud baik pelanggan merupakan kunci suksesnya satu penyedia bahan atau *supplier*, karena maksud baik pelanggan berdampak langsung pada tingkat penjualan penyedia bahan. Tetapi perlu juga diketahui bahwa maksud baik *supplier* juga merupakan elemen penting yang menentukan sukses tidaknya suatu manajemen bahan konstruksi. *Supplier* mendapatkan maksud baik pelanggannya dengan cara menjual bahan konstruksi yang dapat diterima pada harga pantas, didukung dengan pelayanan memuaskan di mana akan diingat oleh pelanggan. Sedangkan pembeli mendapatkan maksud baik *supplier* dengan menjadi terbuka, bersikap tidak memihak, dan sangat adil dalam semua transaksi dengan *supplier*.

Pemilihan *supplier* bahan konstruksi harus dikontrol agar proses pemilihan dapat berjalan dengan benar dan sesuai dengan prosedur atau cara-cara pemilihan yang telah ditetapkan, sehingga *supplier* terpilih dapat memenuhi keinginan pembeli dan proses pengadaan bahan konstruksi dapat berjalan dengan lancar.

2.2.3.3 Transaksi Pembelian

Transaksi pembelian bahan konstruksi dilakukan setelah bagian pengadaan bahan menetapkan jenis bahan dan *supplier* terpilih. Transaksi pembelian didahului dengan penandatanganan kontrak pembelian dan diikuti dengan pelaksanaan kontrak pembelian. Kontrak pembelian bahan konstruksi antara lain berisi: spesifikasi bahan, jumlah bahan, harga, syarat dan waktu pembayaran, dan tanggal pengiriman bahan ke lokasi proyek atau

tempat penyimpanan sementara (jika pengiriman dilakukan oleh *supplier*), serta memuat ketentuan-ketentuan lain sesuai kesepakatan kedua pihak selaku transaksi.

Kontrak pembelian perlu dibatasi masa berlakunya, meskipun nantinya dapat diperpanjang untuk beberapa periode, sesuai dengan hasil evaluasi yang dilakukan secara berkala tentang kondisi kerjasama yang dilakukan. Terhadap perusahaan *supplier* yang kinerjanya tidak memuaskan, tentu saja pembeli tidak akan memperpanjang kontrak. Kontrak pembelian yang telah ditandatangani oleh kedua pihak pelaku transaksi pembelian harus dipatuhi dan dilaksanakan, agar secara keseluruhan proses pembelian dapat berjalan dengan sukses.

2.2.4 Pengiriman Bahan Konstruksi

Pengiriman atau pengantaran bahan konstruksi dapat dilakukan oleh pihak *supplier* atau dilakukan sendiri oleh bagian manajemen bahan, sesuai dengan perjanjian yang tertera pada kontrak pembelian. Bila pengiriman dilakukan oleh pihak pemasok bahan, bagian pengadaan harus melakukan penyelidikan untuk memastikan bahwa bahan sesuai dengan pesanan dapat dikirim tepat pada waktu pengiriman yang terdapat pada kontrak pembelian. Jika hasil penyelidikan menyatakan bahwa *supplier* tidak dapat menyerahkan bahan pesanan pada waktu dan tempat yang tepat, maka bagian pengadaan harus segera mengambil langkah-langkah untuk menyelesaikan masalah tersebut. Langkah-langkah tersebut dapat berupa:

- a. Merubah bahan pesanan (misalnya: merubah merek, ukuran, atau spesifikasi lainnya), bila perubahan ini disetujui oleh pihak perencana, *owner*, pengawas lapangan, ataupun kontraktor pelaksana dan dapat digunakan untuk pelaksanaan proyek;
- b. Membatalkan pesanan dan menggantinya dengan *supplier* lain;
- c. Mencari alternatif pihak yang dapat menerima bahan yang telah terlanjur dipesan.

Selain itu untuk menghindari pengiriman bahan yang tidak sesuai dengan spesifikasi dan jumlah pesanan, bagian pengadaan dapat mengunjungi tempat *supplier* secara berkala untuk memantau perkembangan penyerahan bahan pesanan oleh *supplier*. Pemantauan dapat berupa pengujian terhadap bahan di tempat *supplier*. Dalam proses pengiriman, jika bahan dibeli dari luar negeri, persetujuan bea cukai, pembayaran tarif impor, izin impor, dan lain-lain harus diatur dengan baik oleh bagian pengadaan.

Pengiriman bahan sangat berpengaruh pada mutu dan waktu persediaan bahan, oleh karena itu kontrol terhadap proses pengiriman bahan harus dilakukan dengan baik untuk memastikan pengiriman sesuai jadwal dan cara pengiriman tidak mengurangi mutu bahan. Pengawasan terhadap pemeliharaan mutu bahan pada saat pengiriman sampai

bahan diterima, merupakan salah satu usaha kontrol terhadap proses pengiriman bahan perlu untuk dilakukan. Pengiriman yang tidak sesuai dengan jadwal rencana dapat menyebabkan keterlambatan pelaksanaan pekerjaan dan secara menyeluruh akan menyebabkan pembangunan yang tidak efisien dan tidak ekonomis.

2.3 Penerimaan, Penyimpanan, dan Pengeluaran Bahan Konstruksi

Setelah pengiriman bahan konstruksi dari tempat *supplier* ke lokasi proyek atau tempat penyimpanan bahan, bagian penting proses manajemen bahan adalah penerimaan bahan. Setelah penerimaan bahan disetujui oleh pihak manajemen bahan konstruksi proyek, bahan sepenuhnya telah menjadi tanggung jawab pihak pelaksana proyek, kecuali dalam surat perjanjian kontrak pembelian terdapat ketentuan-ketentuan lain, seperti adanya garansi penggunaan bahan. Pemeriksaan bahan yang teliti sangat diperlukan sebelum bahan diputuskan untuk diterima.

Penyimpanan bahan dilakukan setelah penerimaan bahan dan sebelum bahan diserahkan ke bagian pelaksanaan pekerjaan proyek. Dalam proses penyimpanan, bahan juga dipersiapkan agar dapat dipergunakan saat pekerjaan konstruksi akan dilakukan. Penetapan prosedur penyimpanan masing-masing bahan sangat penting untuk menjamin perawatan bahan, sehingga mutu bahan tidak berkurang bahkan mungkin bertambah saat akan digunakan.

Pengeluaran bahan untuk diserahkan ke lini pelaksanaan proyek harus dilakukan tepat pada saat bahan dibutuhkan agar pekerjaan proyek tidak tertunda akibat bahan yang dibutuhkan belum tersedia. Pengeluaran bahan dan penyerahan ke lini pelaksanaan proyek harus dilakukan dengan benar agar tidak merusak bahan atau mengganggu pelaksanaan pekerjaan.

2.3.1 Penerimaan Bahan

Jika pengiriman dilakukan oleh pihak *supplier*, sebelum bahan dibongkar dari kendaraan pengirim, bagian manajemen bahan harus memeriksa terlebih dahulu bahan yang ada. Jika pengiriman dilakukan sendiri oleh pihak pengadaan bahan, pemeriksaan dilakukan sebelum bahan diangkut dari tempat *supplier*. Langkah-langkah pemeriksaan bahan konstruksi sebelum bahan diputuskan untuk diterima adalah:

1. Memeriksa kondisi atau penampilan secara keseluruhan bahan. Pastikan bahan berada dalam kondisi baik, pisahkan bahan-bahan yang telah mengalami kerusakan atau cacat dan kembalikan ke *supplier*;

2. Cocokkan spesifikasi dan jumlah bahan yang dipesan dengan bahan yang disediakan oleh *supplier*. Gunakan surat pesanan untuk memastikan jumlah, ukuran, jenis, kualitas atau mutu bahan yang tersedia telah sesuai dengan yang tertera dalam surat pesanan;
3. Pastikan bahwa bahan telah diuji oleh pihak *supplier* dan pengujian harus dilakukan dengan benar dan sesuai dengan standar pengujian yang ada;
4. Bila pengujian belum dilakukan atau untuk menjamin kualitas atau mutu bahan, dapat dilakukan dengan mengambil sampel bahan yang ada. Pengujian dapat dilakukan di lapangan atau di laboratorium, seperti: uji *slump* di lapangan, pengujian kuat tekan beton dan kuat tarik baja di laboratorium, dan lain-lain.

Ketelitian pada saat pemeriksaan akhir sebelum bahan diterima sangat dibutuhkan agar tidak terjadi kerugian dari segi kualitas ataupun segi kuantitas bahan. Selain itu, pastikan juga bahwa waktu penerimaan bahan telah sesuai dengan jadwal yang terdapat pada kontrak pembelian agar waktu persediaan bahan dapat sesuai dengan pelaksanaan pekerjaan proyek.

2.3.2 Penyimpanan Bahan

Setelah bahan dikirim ke proyek atau tempat penyimpanan, bahan harus dijaga dengan penyimpanan yang baik sebelum diserahkan ke bagian pelaksanaan pekerjaan proyek. Bahan-bahan yang digunakan proyek membutuhkan biaya cukup besar untuk mencegah terjadinya kehilangan atau kerusakan bahan-bahan yang tidak dapat digunakan (*waste material*). Proses penyimpanan merupakan faktor utama yang harus diperhatikan.

Aspek utama manajemen bahan konstruksi selama rentang waktu antara bahan diterima sampai bahan dikeluarkan setiap saat bila dibutuhkan adalah keamanan dan kesiapan. Keamanan selama proses penyimpanan bahan dan kesiapan yang meliputi kesiapan untuk menerima bahan dan kesiapan untuk menyerahkannya ke bagian pelaksanaan pekerjaan merupakan dua hal penting dalam proses penyimpanan bahan. Perhatian khusus harus diberikan untuk penyimpanan secara benar dan aman terhadap bahan-bahan yang mudah dicuri. Bahan-bahan tersebut harus disimpan pada tempat yang terbatas pencapaiannya.

Ruang penyimpanan bahan merupakan salah satu sumber daya proyek, perencanaan dan penyediaan ruangan yang tepat harus dilakukan sebelum bahan diterima. Dalam proses penyimpanan, bahan harus disiapkan agar dapat digunakan tepat waktu pelaksanaan pekerjaan, misalnya pasir harus disiapkan dalam keadaan *saturated surface dry* (SSD) sebelum digunakan untuk pembuatan adukan beton.

Pengenalan karakter setiap jenis bahan harus dilakukan sebelum bahan disimpan. Beberapa jenis bahan harus disimpan ditempat tertutup untuk melindungi bahan dari kerusakan akibat cuaca (misalnya: semen, bahan-bahan jenis logam, dan lain-lain). Selain itu ada juga bahan yang dapat disimpan ditempat terbuka. Bahan-bahan ini harus disimpan pada tempat yang telah disiapkan sebelumnya (sesuai karakter dan ukuran bahan) untuk menghindari kerusakan dan keausan bahan. Bahan harus diatur dan disusun dengan benar agar pengeluaran bahan dapat dilakukan dengan mudah. Kayu, tiang pancang, batu bata, dan lain-lain harus disusun dengan benar dan aman agar tidak menimbulkan kecelakaan pada saat pelaksanaan pekerjaan di lokasi proyek.

Pengelompokkan dan pengaturan bahan menurut umur penyimpanan sangat penting untuk dilakukan, misalnya semen yang telah lama didatangkan harus digunakan terlebih dahulu dibandingkan semen baru. Agar rotasi penggunaan bahan dengan usia lebih lama dapat dilakukan terlebih dahulu, misalnya dalam satu gudang dibuat dua pintu, satu pintu merupakan pintu untuk memasukkan bahan sesuai usia penyimpanan dapat dilakukan.

Setiap partai bahan harus ditandai dengan identifikasi yang jelas, agar tidak menimbulkan kesalahan pada saat pengeluaran bahan dilakukan. Setiap komponen bahan harus langsung diberi nomor yang benar begitu bahan diterima masuk ke ruang penyimpanan, sehingga pengenalan dapat dilakukan dengan sederhana, asal tanda identifikasi bahan tidak lepas dari bahannya.

Prosedur penyimpanan setiap bahan sebaiknya ditetapkan dengan jelas, sehingga kontrol terhadap proses penyimpanan bahan dapat dilakukan dengan mudah dan berlandaskan setiap langkah dan ketentuan prosedur penyimpanan yang ada. Dengan adanya kontrol atau pengawasan berkala terhadap penyimpanan bahan, diharapkan bahan dapat digunakan dalam kondisi mutu fisik yang baik serta dapat tersedia sesuai dengan waktu pelaksanaan pekerjaan proyek.

2.3.3 Pengeluaran bahan

Bahan dikeluarkan dari tempat penyimpanan bila diperlukan untuk pelaksanaan pekerjaan proyek. Sebelum bahan dikeluarkan, pengguna bahan harus terlebih dahulu mengisi berita acara pengeluaran bahan yang berisi informasi sehubungan dengan jumlah dan jenis bahan yang diambil, maksud penggunaan bahan, dan lain-lain. Berita acara penggunaan bahan harus diperiksa oleh yang bertanggung jawab untuk menjamin:

- a. Bahan yang diambil dari gudang dibutuhkan dan benar digunakan pada proyek;
- b. Informasi yang terdapat dalam berita acara adalah benar.

Bahan permanen yang digunakan tidak akan dikembalikan lagi ke tempat penyimpanan, tetapi bahan yang tidak permanen harus dikembalikan setelah pemakaian. Sebagai contoh cetakan baja, papan bekisting, kayu perancah, dan lain-lain, mungkin diambil dan dikembalikan ke tempat penyimpanan setelah digunakan. Pada pengeluaran bahan untuk diserahkan sebagian pelaksanaan pekerjaan dilakukan, bahan harus dijaga agar tidak mengalami kerusakan. Prosedur atau tahap-tahap pengeluaran bahan penting untuk dibuat agar bahan dapat dijaga kondisi dan mutunya sebelum dipakai dalam pelaksanaan pekerjaan proyek. Petugas pengawas lapangan harus mengontrol proses pengeluaran ini.

2.4 Kontrol Terhadap Kualitas Bahan Konstruksi

Dalam masa perkembangan industri jasa konstruksi yang kurang bergairah di Indonesia akibat perekonomian masyarakat yang tidak menguntungkan, seleksi terhadap perusahaan konstruksi yang dilakukan oleh konsumen semakin ketat. Ini tidak terlepas dari minimnya permintaan jasa konstruksi bila dibandingkan dengan perusahaan jasa konstruksi yang ada. Aspek penting yang menjadi dasar pemilihan terhadap perusahaan jasa konstruksi adalah biaya dan kualitas bangunan yang dihasilkan.

Harga suatu bangunan merupakan pertimbangan dasar konsumen untuk memilih lokasi tempat tinggal atau sarana bangunan lain. Setelah penetapan *budget* yang akan dikeluarkan untuk pembelian bangunan, kualitas bangunan adalah pertimbangan utama dalam pemilihannya. Terkadang konsumen dapat mengabaikan harga demi mendapatkan suatu bangunan yang terbangun dari bahan-bahan berkualitas tinggi dan tentu mempunyai usia pakai relatif lama. Selain usia pakai lama, kualitas suatu bangunan juga menciptakan perasaan nyaman bagi penghuni atau penggunanya. Kenyamanan merupakan faktor penting yang perlu disediakan oleh perusahaan jasa konstruksi untuk bersaing dalam merebut pasar konstruksi yang semakin minim.

Perhatian penuh terhadap kualitas bahan bangunan akan memberikan dampak positif kepada bisnis jasa konstruksi melalui dua cara, yaitu: dampak terhadap biaya produksi dan dampak terhadap pendapatan. Dampak terhadap produksi melalui proses pembangunan proyek memiliki kepedulian tinggi terhadap standar-standar sehingga bahan dapat bebas dari tingkat kerusakan yang mungkin terjadi. Dengan demikian proses pembangunan yang memperhatikan kualitas akan menghasilkan bangunan berkualitas yang bebas dari kerusakan. Ini berarti terhindar dari pemborosan dan menciptakan efisiensi sehingga biaya untuk bahan yang tidak dapat digunakan dapat dikurangi. Dampak terhadap peningkatan pendapatan terjadi melalui peningkatan pelanggan proyek atas bangunan berkualitas yang berharga kompetitif.

Untuk mendapatkan kualitas bahan konstruksi yang memadai sehingga dapat dihasilkan bangunan berkualitas, bahan yang akan digunakan untuk proses pembangunan harus dikontrol kualitasnya. Kontrol terhadap kualitas bahan dapat dilakukan dengan:

1. Pengembangan manajemen kualitas sebuah perusahaan;
2. Kontrol terhadap proses produksi bahan yang akan dibeli dan digunakan;
3. Kontrol terhadap pemeriksaan dan pengujian bahan konstruksi.

Kontrol dapat dilakukan oleh bagian pengadaan dan bagian pengawasan di lapangan. Kontrol yang baik terhadap kualitas bahan merupakan senjata utama dalam mewujudkan suatu manajemen bahan konstruksi yang handal untuk menciptakan keberhasilan pelaksanaan proyek dan pembangunan suatu perusahaan jasa konstruksi.

2.4.1 Pemeriksaan Bahan

2.4.1.1 Pemeriksaan Bahan

Pemeriksaan dilakukan untuk menjamin mutu bahan yang tersedia sesuai dengan jumlah pesanan dan spesifikasi rencana, sehingga dapat digunakan secara tepat untuk pekerjaan proyek. Selain itu pemeriksaan juga dilakukan untuk menjamin bahwa kualitas bahan yang ada tetap terjaga sampai bahan siap untuk digunakan. Dalam manajemen bahan konstruksi, pemeriksaan sebaiknya dilakukan pada hampir semua tahap proses manajemen bahan, yaitu:

1. Pemeriksaan pada saat proses produksi bahan;
2. Pemeriksaan pada saat bahan ditempat *supplier* (di toko, di gudang, atau tempat penyimpanan lain);
3. Pemeriksaan pada saat bahan akan dikirim ke proyek;
4. Pemeriksaan di tempat penyimpanan;
5. Pemeriksaan saat bahan dikeluarkan dan akan diserahkan ke bagian pelaksanaan pekerjaan.

Pemeriksaan yang baik adalah pemeriksaan meliputi keseluruhan bahan, sehingga bila ada sebagian bahan yang rusak dapat dipisahkan dan tidak digunakan untuk pekerjaan proyek. Catatan hasil pemeriksaan bahan dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan untuk:

1. Penilaian terhadap *supplier* dan pengambilan keputusan pembelian bahan;
2. Penolakan terhadap bahan yang tidak sesuai dengan spesifikasi dan kualitas rencana;
3. Memutuskan apakah bahan yang tidak sesuai spesifikasi dan kualitas rencana disingkirkan, diperbaiki, atau diproduksi ulang.

Langkah-langkah pemeriksaan suatu jenis bahan sebaiknya ditetapkan dan dijalankan dengan benar. Untuk menjamin bahwa pemeriksaan sudah dilakukan dengan benar, kontrol terhadap proses pemeriksaan yang meliputi hampir semua proses manajemen bahan konstruksi perlu untuk dilakukan. Kontrol yang dilakukan antara lain: menyesuaikan standar prosedur pemeriksaan yang dilakukan dengan standar (baik standar nasional ataupun standar lain), menetapkan pemeriksaan secara berkala, mengawasi langkah-langkah pemeriksaan yang dilakukan, memastikan adanya jaminan pengujian bahan yang dilakukan *supplier* bila bahan tidak diuji lagi, dan lain-lain.

Tabel 4.1 Proses dalam Analisis (lanjutan)

N2.1	Metode Pengendalian dan Proses Pengadaan Bahan	Prosedur	Implementasi di Proyek	Analisis
3	Pembuatan surat permintaan pembelian (SPP)	Harus berisi data yang menguraikan dengan jelas produk yang dipesan.	SPP berisikan Volume dan waktu pengiriman atau penerimaan asal produk, <i>type</i> , kelas, model, spesifikasi, tingkat atau identifikasi tepat lainnya, Nama atau identifikasi tepat lain	Semua proses pembuatan SPP yang dilakukan tersebut sudah sangat baik dan teliti. Surat permintaan pembelian. Dapat dilihat pada lampiran L.3
4.2.2	Proses pembelian bahan	Tahapan ini dilaksanakan dengan urutan sebagai berikut : 1. Pengiriman dan pembelian (<i>logistic</i>) memutuskan harga final; 2. Menyiapkan Surat Pesanan (SP);	1. Ada pembelian yang dilaksanakan di DVO. Ada juga yang melakukan pembelian langsung di proyek; 2. Dibuat juga surat	Proses pembelian bahan material yang dilakukan pada proyek Rumah Sakit Unggul Karsa Medika ini, sudah tepat dan sudah sesuai, hal ini terlihat dari adanya surat-

		3. Memantau pengiriman bahan.	pesanan (SP).	surat yang berhubungan dengan pembelian bahan material mulai dari surat permintaan pembelian (SPP) sampai adanya surat pesanan (SP). Dapat dilihat pada lampiran L.3
--	--	-------------------------------	---------------	--

Tabel 4.1 Proses dalam Analisis (lanjutan)

N	Metode Pengendalian dan Proses Pengadaan Bahan	Prosedur	Implementasi di Proyek	Analisis
4.2.3	Proses pengiriman bahan Pemeriksaan bahan	Pada tahapan ini kegiatan penerimaan bahan dapat berfungsi antara lain sebagai pengendalian material. Jika memenuhi syarat, bahan disimpan didalam gudang dan dicatat dalam Bon Penerimaan Gudang (BPG), jika tidak bahan ditolak. Bahan harus sesuai dengan spesifikasi dan kualitas yang	Menerima surat jalan dari supplier, pembuatan bon penerimaan gudang (BPG) oleh penerima barang, lalu membuat berita acara serah terima barang, untuk diberikan pada <i>supplier</i> . Lalu mencatatnya di kartu <i>stock</i> harian. Pemeriksaan yang dilakukan QC adalah berdasarkan	Semua tahapan penerimaan bahan dilakukan dengan teliti, ini terbukti dengan adanya surat-surat yang harus diisi oleh petugas penerima barang, mulai dari pengisian bon penerimaan gudang (BPG), pembuatan berita acara serah terima barang, dan mengisi kartu stock harian. Dapat dilihat pada lampiran

		disyaratkan. Petugas <i>Quality Control (QC)</i> melakukan inspeksi untuk memeriksa apakah bahan sudah sesuai dengan mutu dan spesifikasi sebagaimana dipersyaratkan dalam kontrak atau surat pesanan (SP).	ukuran, jumlah, kualitas dan keadaan bahan yang diterima.	L.4
--	--	---	---	-----

Tabel 4.1 Proses dalam Analisis (lanjutan)

No	Metode Pengendalian dan Proses Pengadaan Bahan	Prosedur	Implementasi di Proyek	Analisis
4.2.5	Proses penyimpanan bahan Gudang	Hal yang perlu dipertimbangkan dalam penyimpanan bahan adalah Ukuran material, organisasi, perlindungan, keamanan, biaya, dan kontrol Ada gudang tertutup dan gudang terbuka	Penyimpanan barang-barang kecil disimpan dalam rak lalu diberi nomor kode label. Disini keselamatan dan keamanan dari bahan yang ada di dalam gudang sangat diperhatikan, para petugas gudangnya selalu mengunci dari luar sehabis jam kerja. Gudang tertutup ada yang satu pintu	Pada proyek Rumah Sakit ini telah merencanakannya dengan sedemikian rupa agar menghasilkan suatu keadaan yang benar-benar optimum dan efektif. Perencanaan akan adanya gudang pada proyek

			<p>dan ada yang dua pintu. Ada gudang semen dan ada gudang bahan. Gudang terbuka hanya ada satu. Ukurannya sudah cukup memadai.</p>	<p>Rumah Sakit Unggul Karsa Medika, sudah cukup memadai, hal ini terbukti dari adanya sebuah tempat gudang yang dikhususkan untuk menyimpan bahan dalam berbagai ukuran, yang dapat disusun secara teratur dan terkoordinir. Besi dan kayu tidak tahan cuaca dibuat ruangan semi tertutup, denah gudang dapat dilihat pada lampiran L.5</p>
--	--	--	---	---

Tabel 4.1 Proses dalam Analisis (lanjutan)

No	Metode Pengendalian dan Proses Pengadaan Bahan	Prosedur	Implementasi di Proyek	Analisis
	Lokasi gudang	Penentuan luas ruang untuk kebutuhan penyimpanan disesuaikan dengan sistem <i>inventory</i> yang akan diterapkan, serta kemampuan luas lokasi yang tersedia	Gudang ditempatkan di belakang direksi keet	Penempatan yang dilakukan sudah sangat tepat. Karena berada di dalam proyek, untuk menjaga ketertiban dan kebersihan, posisinya tidak disimpan didekat pintu gerbang proyek, tapi agak masuk lagi kedalam, lagi pula jarak dari pintu gerbang ke lokasi gudang lumayan jauh.

	Cara penyimpanan	Berdasarkan karakteristik sifat dari bahan	Berdasarkan : - Ukuran - Sifat - Merk/Type - Jenis/fungsi	Untuk barang-barang yang kecil dan aksesoris yang gampang hilang disimpan secara teratur, lalu agar mudah mencarinya barang-barang tersebut diberi label atau tanda pengenal.
4.2.6	Proses pengeluaran bahan	Menyerahkan bahan kepada pemakai di lapangan berdasarkan Bon Permintaan Pengeluaran Bahan (BPPB) dan mencatatnya pada kartu <i>stock</i> (persediaan bahan).	Dalam pelaksanaannya di lapangan petugas penerima barang tidak membuat dan mengisi bon permintaan pengeluaran bahan (BPPB) dan hanya mencatatnya saja pada kartu <i>stock</i> harian. Dapat dilihat pada lampiran L.6	Hal tersebut dikarenakan percaya kepada SDM yang ada dan telah diawasi oleh pihak pelaksana. Seharusnya petugas membuat bon permintaan pengeluaran bahan (BPPB), hal ini dimaksudkan untuk menghindari kehilangan bahan yang mungkin saja terjadi dan mempersempit kesempatan untuk melakukan tindakan yang tidak bertanggung jawab.

Tabel 4.1 Proses dalam Analisis (lanjutan)

No	Metode Pengendalian dan Proses Pengadaan Bahan	Prosedur	Implementasi di Proyek	Analisis
4.2.7	Metode Pengendalian	Ada lima metode, yaitu	Pada proyek Rumah Sakit	Metode pengendalian

	<p>Dalam Memenuhi Kebutuhan Bahan di Proyek</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pembagian jenis barang 2. Prinsip Pareto dan aplikasinya 3. MRP 4. Titik pemesanan berdasarkan rentang waktu 5. Persediaan adalah pemborosan 	<p>Unggul Karsa Medika memiliki metode pengendalian sendiri yaitu rapat.</p>	<p>yang dilakukan ini sudah cukup baik, tapi hanya fokus kepada keseluruhan kegiatan proyek yang mana salah satunya adalah pemenuhan kebutuhan bahan di proyek. Jadi dapat disimpulkan bahwa metode ini tidak fokus kepada proses pengadaan bahan konstruksi. Khusus untuk pengadaan bahan konstruksi sendiri sudah mempunyai pegangan yaitu buku khusus permintaan material proyek, yang di dalamnya sudah mencakup tentang kebutuhan bahan sampai kedatangan bahan di proyek, hubungannya dengan metode pengendalian adalah hanya membahas bentuk perwujudannya dilapangan, maka dari itu rapat tersebut dapat dikatakan sebagai metode pengendalian yang diterapkan dalam pengadaan bahan konstruksi.</p>
--	---	---	--	--

3. SIMPULAN DAN SARAN

3.1 Simpulan

Dari hasil pengolahan analisis data yang telah dilakukan, simpulan yang dapat diambil adalah:

1. Tahap Perencanaan
 - a. Perencanaan bahan sudah dibuat diawal oleh kontraktor, mulai dari penjadwalan pendarangan material sampai pembuatan surat permintaan pesanan (SPP), namun dalam pelaksanaannya pengadaan bahan yang dilakukan lebih mengacu kepada jenis pekerjaan yang diberikan. Dengan demikian perencanaan bahan yang dibuat hanya sebagai pegangan untuk mengetahui *lead time* dan waktu perputaran bahan.
 - b. Pemilihan bahan bangunan sudah sesuai dengan spesifikasi kontrak dengan membeli bahan sesuai dengan *shop drawing*.
 - c. Pembuatan surat permintaan pembelian telah dibuat sesuai dengan data yang menguraikan dengan jelas produk yang dipesan.
2. Proses pembelian bahan yang telah dilakukan sudah tepat dan sesuai, hal ini terlihat dari adanya surat-surat pembelian bahan.
3. Proses pengiriman bahan dilakukan dengan baik, ini terbukti dengan adanya surat-surat yang harus diisi oleh petugas penerima barang. Pemeriksaan bahan dilakukan oleh *quality control* berdasarkan ukuran, jumlah, kualitas, dan keadaan bahan yang diterima.
4. Proses penyimpanan bahan dilakukan dengan baik terbukti proses penyimpanan berdasarkan dengan ukuran, sifat, merk, jenis, dan fungsinya. Penyimpanan dilakukan di gudang tertutup dan gudang terbuka dengan ukuran cukup memadai.
5. Proses pengeluaran bahan dalam pelaksanaan proyek ini tidak sesuai dengan prosedur karena petugas tidak membuat dan mengisi bon permintaan pengeluaran bahan tapi hanya mengisi kartu stok harian dikarenakan percaya kepada SDM yang ada.
6. Metode pengendalian yang dilakukan oleh kontraktor dalam proses pengadaan bahan di proyek adalah rapat mingguan.

3.2 Saran

1. Sebaiknya pembuatan bon permintaan pengeluaran bahan harus dilakukan oleh petugas gudang, agar tidak terjadi kesalahpahaman tentang pengalokasian bahan dan mencegah terjadinya penyimpanan dalam pemakaian bahan yang sudah dikeluarkannya.
2. Untuk penelitian lebih lanjut, disarankan untuk membahas tentang kebijakan pada proses pengadaan bahan konstruksi dan biaya yang mencakup pengadaan bahan konstruksi.

REFERENSI

1. Aureline, 2008, *Sistem Informasi Manajemen Bahan Pada Proyek Konstruksi Perumahan Setraduta*, Jurusan Double Degree FT Universitas Kristen Maranatha, Bandung.
2. Dwiantara, L., dan Rumsari, S.H., 2004, *Manajemen Logistik Pedoman Praktis Bagi Sekretaris dan Staf Administrasi*”, Yogyakarta.
3. Darma, B., Wiranata, Nadiasa, M., 2013, *Analisis Sistem Pengadaan Bahan dan Peralatan Pada proyek Konstruksi Jembatan Tukad Penet di Badung Bali*, Jurusan Teknik Sipil FT Universitas Udayana, Denpasar.
4. Eko, R., Djokopranoto, R., 2002, *Konsep Manajemen Supply Chain*, Grasindo, Jakarta.
5. Evrianto, 2004, *Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi*, Andi, Yogyakarta.
6. Gaspersz, V., 1998, *Production Planning and Inventory Control*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
7. Hanna, E., Michael, R., Barry, dan Stair, R., 1997, *Quantitative Analysis for Management*, New Jersey.
8. <http://adman.staf.upi.edu/2012/07/27/konsep-manajemen-logistik>.
9. <http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/download/1434/1136>.
10. Kusuma, H., 2004, *Manajemen Produksi*. Andi, Yogyakarta.
11. Limbong, I., 2013, *Manajemen Pengadaan Material Bangunan Dengan Menggunakan Metode MRP (Material Requirement Planing) Studi*

Khasus: Revitalisasi Gedung Kantor BPS Propinsi Sulawesi Utara,
Jurusan Teknik Sipil, FT Universitas Sam Ratulangi, Manado.

STUDI PENGARUH UKURAN BUTIR TERHADAP PARAMETER KOMPAKSI DAN NILAI CBR MATERIAL *CRUSHED LIMESTONE* PADALARANG

Andrias Suhendra Nugraha ⁽¹⁾, Jordan D. Fahlevi ⁽²⁾, William H. Soentpiet ⁽²⁾

⁽¹⁾ Mahasiswa Program Doktor Ilmu Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan
dan Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha
Email: andrias.snugraha@gmail.com

⁽²⁾ Alumni Program Studi S1 Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha
Email: jordandeanf@gmail.com, williamhanrysoentpiet@yahoo.co.id

ABSTRAK

Suatu konstruksi jalan terdiri dari beberapa lapisan yaitu *subgrade* (tanah dasar), *subbase* (lapis pondasi bawah), *base* (lapis pondasi atas), dan *surface* (lapis permukaan). Untuk lapisan *subbase*, dan *base* dapat digunakan batu pecah (*crushed rock*). Salah satu material batu pecah tersebut adalah *crushed limestone*. *Crushed limestone* adalah *limestone* (batu kapur) yang telah melalui proses *crushing* di pabrik untuk mendapatkan berbagai ukuran butir yang dibutuhkan dalam keperluan desain.

Tujuan studi ini adalah untuk menganalisis pengaruh ukuran butir terhadap parameter kompaksi dan nilai *California Bearing Ratio* (CBR) material *crushed limestone*. Material *crushed limestone* yang digunakan berasal dari daerah Padalarang, Jawa Barat. Ukuran butir *equivalent* dari material *crushed limestone* yang digunakan sebagai sampel uji antara lain adalah: 2mm (SU1), 3mm (SU2) dan 4mm (SU3). Uji kompaksi di laboratorium menggunakan tata cara *standard Proctor test* dengan mengacu pada standar uji ASTM D 698. Uji CBR di laboratorium mengacu pada standar uji ASTM D 1883.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rasio kenaikan *maximum dry density*, $\gamma_{dry\ max}$ SU2 dan SU3 terhadap $\gamma_{dry\ max}$ SU1 berturut-turut adalah; 0.6% dan 1.9%, hal ini menunjukkan bahwa peningkatan ukuran butir *equivalent* dari 2mm ke 4mm tidak berpengaruh secara signifikan terhadap parameter $\gamma_{dry\ max}$. Rasio kenaikan nilai CBR *design* SU2 dan SU3 terhadap CBR *design* SU1 berturut-turut adalah; 16.3% dan 32.7%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar ukuran butir *equivalent* material *crushed limestone* maka semakin tinggi nilai CBR *design*.

Kata kunci: *crushed limestone*, kompaksi, CBR, ukuran butir, w_{opt} , $\gamma_{dry\ max}$

ABSTRACT

A road construction consists of several layers, namely subgrade, subbase, base, and surface. For the subbase layer, and the base can be used crushed rock. One of the crushed rock materials is crushed limestone. Crushed limestone is a limestone that has gone through a crushing process at the factory to obtain various grain sizes needed in the design requirements.

The purpose of this study was to analyze the effect of grain size on compaction parameters and the value of California Bearing Ratio (CBR) crushed limestone. The crushed limestone material used comes from the Padalarang area, West Java. The grain size equivalent of crushed limestone materials used as test samples respectively; 2mm (SU1), 3mm (SU2) and 4mm (SU3). Compaction tests in the laboratory uses the standard Proctor test procedure according to the ASTM D 698. The CBR tests in the laboratory according to the ASTM D 1883.

The results of the study indicate that increase ratio of maximum dry density, $\gamma_{dry\ max}$ SU2 and SU3 to $\gamma_{dry\ max}$ SU1 respectively as follows; 0.6% and 1.9%, this indicates that the increase in grain size equivalent from 2mm to 4mm does not significantly influence the maximum dry density, $\gamma_{dry\ max}$. Increase ratio of CBR design SU2 and SU3 to CBR design SU1 respectively as follows; 16.3% and 32.7%. This shows that the greater the grain size equivalent of material crushed limestone, the higher the CBR design value.

Keywords: crushed limestone, compaction, CBR, grain size, w_{opt} , $\gamma_{dry\ max}$.

1. PENDAHULUAN

Suatu konstruksi jalan terdiri dari beberapa lapisan yaitu *subgrade* (tanah dasar), *subbase* (lapis pondasi bawah), *base* (lapis pondasi atas), dan *surface* (lapis permukaan). Spesifikasi desain konstruksi jalan diantaranya mensyaratkan kajian terhadap material yang akan digunakan baik sebagai material lapisan *base* maupun *subbase* pada konstruksi jalan tersebut. Untuk lapisan *subbase*, dan *base* dapat digunakan batu pecah (*crushed rock*). Salah satu material batu pecah tersebut adalah *crushed limestone*.

Crushed limestone adalah *limestone* (batu gamping) yang telah melalui proses *crushing* di pabrik untuk mendapatkan berbagai ukuran butir yang dibutuhkan dalam keperluan desain. *Limestone* termasuk jenis batuan sedimen (*sedimentary rock*) yang secara umum mengandung mineral *calcite* (Waltham 2009). Untuk daerah Jawa Barat, *limestone* banyak terdapat di daerah Padalarang kawasan karst Citatah Rajamandala, Kabupaten Bandung Barat (Yunianto 2009).

Untuk setiap material yang akan digunakan sebagai lapisan *base* maupun *subbase* pada suatu desain konstruksi jalan, diperlukan tinjauan terhadap *engineering properties* seperti; indeks properti (kadar air / *water content*, w dan *specific gravity*, G_s), distribusi ukuran butir, gradasi, parameter kompaksi (berat kering maksimum / *maximum dry density*, $\gamma_{dry\ max}$ dan kadar air optimum / *optimum moisture content*, w_{opt}), dan nilai *California Bearing Ratio* (CBR). Tinjauan *engineering properties* terhadap material *crushed limestone* diharapkan dapat memberikan kontribusi untuk pemahaman terhadap parameter-parameter material tersebut untuk keperluan desain suatu konstruksi jalan. Pada studi ini akan dilakukan tinjauan pengaruh ukuran butir terhadap parameter kompaksi dan nilai CBR material *crushed limestone*.

2. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan studi ini adalah untuk menganalisis pengaruh ukuran butir terhadap parameter kompaksi dan nilai *California Bearing Ratio* (CBR) material *crushed limestone* Padalarang

3. RUANG LINGKUP

Ruang lingkup studi adalah sebagai berikut:

1. Material *crushed limestone* yang digunakan berasal dari daerah Padalarang, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat.
2. Parameter kompaksi yang menjadi tinjauan adalah *maximum dry density* (berat kering maksimum), $\gamma_{dry\ max}$ dan *optimum moisture content* (kadar air optimum) w_{opt} .

3. Ukuran butir *equivalent* dari material *crushed limestone* yang digunakan sebagai sampel uji antara lain adalah 2mm, 3mm dan 4mm.
4. Untuk *sieve analysis* di laboratorium dan klasifikasi tanah mengacu pada standar uji : BS 1377, ASTM C 136 dan ASTM D 2487.
5. Uji kompaksi di laboratorium menggunakan tata cara *standard proctor test* dengan mengacu pada standar uji ASTM D 698.
6. Uji CBR kondisi *unsoaked* (tidak terendam) di laboratorium mengacu pada standar uji ASTM D 1883.
7. Sampel uji CBR menggunakan satu nilai kadar air yaitu; kadar air optimum, w_{opt} yang diperoleh dari kurva kompaksi.
8. Nilai *CBR design* diperoleh dari 100% berat kering maksimum, $\gamma_{dry max}$.
Pengujian material *crushed limestone* dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah-Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Maranatha Bandung.

4. MATERIAL UJI *CRUSHED LIMESTONE*

Material uji yang digunakan pada studi ini adalah *limestone* yang diambil dari daerah Padalarang, Jawa Barat. Pengambilan material *limestone* dari *quarry* (sumber material) hingga ke pabrik untuk dilakukan proses *crushing* tampak pada Gambar 1. Ukuran awal dari material *limestone* yang berasal dari *quarry* adalah berupa *boulder* (*grain size* > 300mm, ASTM D 4287) seperti tampak pada Gambar 2.



Gambar 1. Pengambilan Material *Limestone* (a) *Quarry Limestone* (b) Tempat Material *Limestone* di Pabrik



Gambar 2. *Limestone* berukuran *Boulder* (*Grain Size* > 300mm)



(a)



(b)

Gambar 3. (a) Mesin *Crusher* di Pabrik (b) Susunan Ayakan 4mm, 3mm, 2mm dan 1mm

Untuk mendapatkan ukuran butir yang akan digunakan sebagai sampel uji, material *limestone* yang berasal dari *quarry* tersebut mengalami proses *crushing*. Proses *crushing* (penghancuran) dilakukan dengan menggunakan mesin *crusher* di salah satu pabrik di kawasan Padalarang. Mesin *crusher* yang digunakan untuk proses *crushing* material *limestone* tampak pada Gambar 3.

Proses *crushing* dimulai dengan tahap penghancuran material *limestone* berukuran lebih besar dari 256mm (*boulder*) hingga proses tapis dengan saringan yang tersusun dimulai dari 4mm, 3mm, 2mm, dan 1mm. *Output* dari hasil proses *crushing* terhadap material *crushed limestone* yang akan digunakan sebagai sampel uji pada studi ini tampak pada Tabel 1. Selanjutnya material *crushed limestone* yang telah melalui

proses *crushing* tersebut dimasukkan ke dalam karung dengan berat \pm 50 kg/karung untuk dibawa ke laboratorium sebagai sampel uji. Contoh sampel uji yang telah dimasukkan ke dalam karung tampak pada Gambar 4.

Tabel 1. Ukuran Butir Material *Crushed Limestone*

No. Material	Ukuran Butir	Ukuran Butir <i>Equivalent</i>
1	P#2mm R#1mm	2mm
2	P#3mm R#2mm	3mm
3	P#4mm R#3mm	4mm

Keterangan : P = *Passing* (lolos)
R = *Retained* (tertahan)
= saringan



Gambar 4. Sampel Uji Material *Crushed Limestone* dalam Karung

Berat material *crushed limestone* yang disiapkan untuk pengujian di laboratorium tampak pada Tabel 2.

Tabel 2. Berat Material *Crushed Limestone*

No. Material	Berat Material untuk Uji di Laboratorium (Kg)	Keterangan
1	150	3 Karung @ 50Kg
2	150	3 Karung @ 50Kg
3	150	3 Karung @ 50Kg

Pada pembahasan berikutnya dari studi ini, sampel uji material *crushed limestone* akan mengikuti penomoran sampel uji seperti tampak pada Tabel 3.

Tabel 3. Penomoran Sampel Uji

No. Material	Ukuran Butir <i>Equivalent</i>	No. Sampel Uji
1	2mm	SU1
2	3mm	SU2
3	4mm	SU3

5 HASIL UJI DAN ANALISIS

5.1. Indeks Properti Material *Crushed Limestone*

Uji indeks properti yang dilakukan pada material *crushed limestone* adalah uji *water content* (kadar air), w dan *specific gravity*, G_s . Kadar air yang dimaksud pada uji ini adalah kadar air inisial saat sampel uji dikeluarkan dari karung untuk tahap persiapan sampel uji. Hasil uji indeks properti tampak pada Tabel 4.

Tabel 4. Indeks Properti Material *Crushed Limestone*

Sampel Uji	<i>Water Content</i> , w (%)	<i>Specific Gravity</i> , G_s
SU1	0,03	2,72
SU2	0,17	2,71
SU3	0,05	2,72

Nilai *specific gravity*, G_s untuk berbagai mineral utama batuan tampak Tabel 5.

Tabel 5. *Specific Gravity* untuk berbagai Mineral Batuan
(Look 2007, Waltham 2009)

Mineral	Specific gravity	Origin		
		Sedimentary	Metamorphic	Igneous
Quartz	2.7	✓	✓	✓
Feldspar	2.6		✓	✓
Hematite	5.1	✓		
Pyrite	5.0	✓		
Epidote	3.3		✓	
Mafics	>3.0			✓
Limonite	3.6	✓	✓	
Dolomite	2.8	✓		
Calcite	2.7	✓	✓	
Muscovite	2.8	✓	✓	✓
Biotite	2.9		✓	✓
Kaolinite	2.6	✓	✓	
Illite	2.6	✓		
Smectite	2.6	✓		
Chlorite	2.7		✓	
Gypsum	2.3	✓		

Tabel 5 menunjukkan bahwa nilai *specific gravity*, G_s untuk ketiga sampel uji seperti dinyatakan pada Tabel 4 (SU1, SU2, dan SU3) yang berturut-turut adalah; 2,72, 2,71 dan 2,72, secara keseluruhan bersesuaian dengan mineral *Calcite* yang merupakan mineral utama dari *limestone*.

5.2. Unsur Kimia Material *Crushed Limestone*

Uji unsur kimia dilakukan terhadap material *crushed limestone* dengan tujuan untuk mendapatkan jenis dan besaran kandungan-kandungan kimia yang terdapat pada material tersebut. Metode uji yang digunakan adalah *XRF method chemistry*. Pengujian unsur kimia dilakukan di Laboratorium Pusat Survei Geologi, Bandung. Hasil uji unsur kimia tampak pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji Unsur Kimia Metode XRF

Oksida (<i>oxides</i>)	Satuan (<i>Unit</i>)	Jumlah (<i>Amount</i>)	Elemen (<i>Elements</i>)
SiO ₂	%	0,839	Si
TiO ₂	%	0,0155	Ti
Al ₂ O ₃	%	0,268	Al
Fe ₂ O ₃	%	0,232	Fe
MnO	%	0,0095	Mn
CaO	%	55,86	Ca
MgO	%	1,33	Mg
Na ₂ O	%	0,0878	Na
K ₂ O	%	0,0174	K
P	%	0,0325	P
SO ₃	%	0,0150	S
LOI	%	40,36	-
SrO	%	0,0286	Sr

Ket.: LOI = *Lost of Ignation* (bahan uji yang hilang pada saat proses pembakaran)

Hasil uji unsur kimia menunjukkan bahwa oksida yang terbesar adalah CaO, dengan jumlah 55,86%.

5.3. Gradasi Material *Crushed Limestone*

Uji *sieve analysis* dengan metoda *wet sieving* dilakukan pada sampel uji SU1, SU2, dan SU3 untuk dapat mengetahui *coefficient of uniformity* (koefisien keseragaman), C_u , *coefficient of curvature* (koefisien gradasi), C_c , nilai % *finer* (persen material yang lolos saringan 0.075mm) serta jenis gradasi. Parameter C_u dan C_c diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (1)$$

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \cdot D_{10}} \quad (2)$$

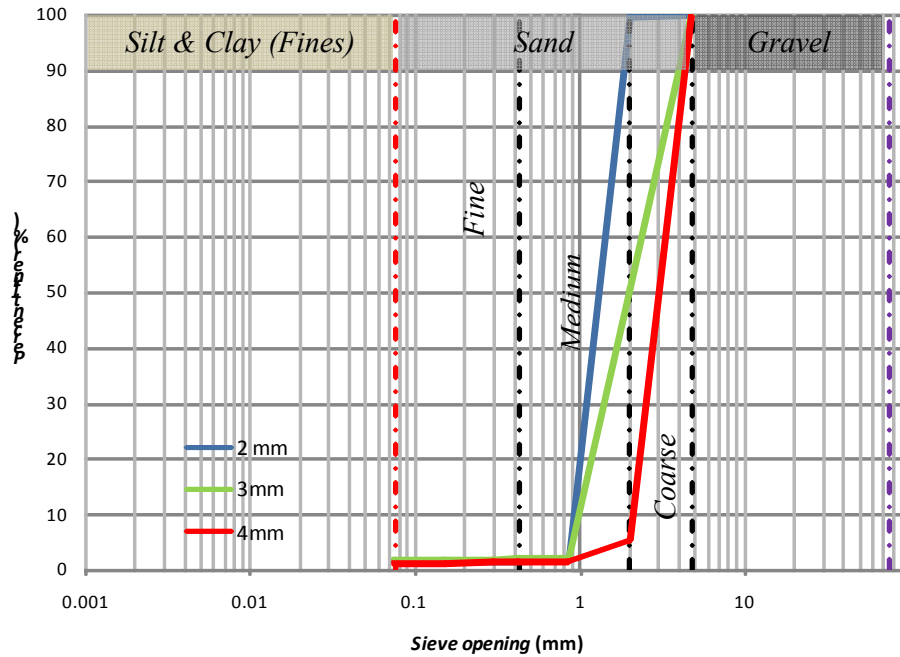
dimana:

D_{10} = diameter yang bersesuaian dengan 10% lolos ayakan (*sieve*)

D_{30} = diameter yang bersesuaian dengan 30% lolos ayakan (*sieve*)

D_{60} = diameter yang bersesuaian dengan 60% lolos ayakan (*sieve*)

Kurva distribusi ukuran butir untuk ketiga sampel uji (SU1, SU2, dan SU3) tampak pada Gambar 5. Sementara nilai C_u , C_c , % *finer* dan jenis gradasi untuk ketiga sampel uji tampak pada Tabel 7.



Gambar 5. Kurva Distribusi Ukuran Butir

Tabel 7. Parameter C_u , C_c , % *Fines* dan Jenis Gradasi Material *Crushed Limestone*

Sampel Uji	Coefficient of Uniformity (C_u)	Coefficient of Curvature (C_c)	% <i>Fines</i>	Jenis Gradasi
SU1	1,62	0,96	1,46	<i>Poorly graded</i>
SU2	2,43	0,87	1,97	<i>Poorly graded</i>
SU3	1,68	0,96	1,36	<i>Poorly graded</i>

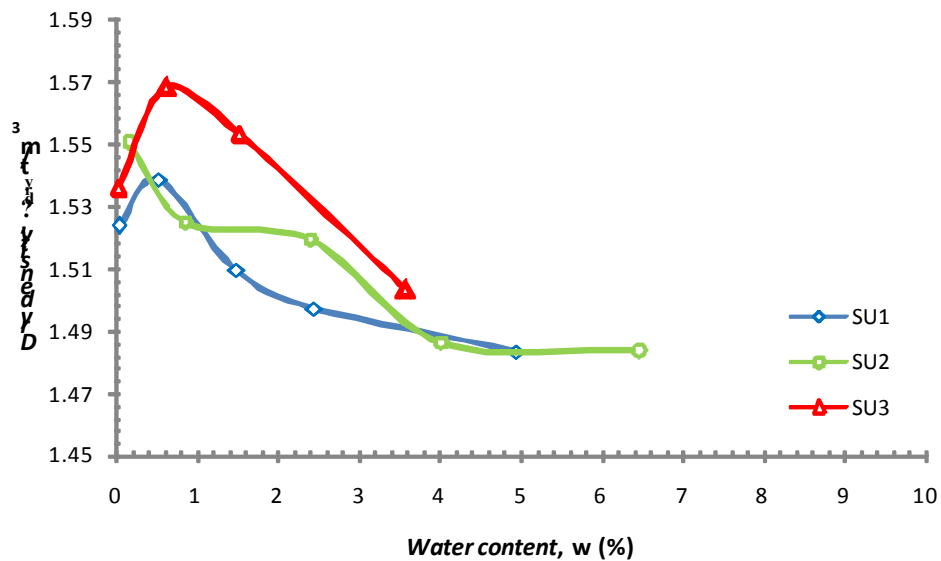
Berdasarkan kurva distribusi ukuran butir untuk ketiga sampel uji seperti tampak pada Gambar 5 menunjukkan bahwa, ukuran butir yang dominan untuk setiap sampel uji berturut-turut adalah; memiliki ukuran butir sama dengan ukuran butir *medium sand*

untuk SU1, memiliki ukuran butir sama dengan ukuran butir *medium sand* dan *coarse sand* untuk SU2 dan memiliki ukuran butir sama dengan ukuran butir *coarse sand* untuk SU3.

Berdasarkan Tabel 7, nilai C_u untuk sampel uji SU1 dan sampel uji SU3 memiliki nilai yang mendekati 1, hal ini menunjukkan bahwa sampel uji SU1 dan SU3 cenderung didominasi oleh satu ukuran butir atau memiliki ukuran butir yang seragam (*uniform*). Selain nilai C_u , sampel uji SU1 dan SU3 memiliki nilai C_c dan % *finer* yang hampir sama juga. Sementara untuk sampel uji SU2, seluruh parameter pada Tabel 7 (C_u , C_c dan % *finer*) mempunyai nilai yang berbeda dengan sampel uji SU1 dan SU3. Jenis gradasi untuk ketiga sampel uji (SU1, SU2, dan SU3) adalah *poorly graded* (bergradasi buruk).

5.4. Analisis Hasil Uji Kompaksi Material *Crushed Limestone*

Uji kompaksi di laboratorium dengan metoda uji *standard Proctor* dilakukan pada ketiga sampel uji (SU1, SU2 dan SU3). Kurva kompaksi untuk ketiga sampel uji pada Gambar 6, sementara parameter kompaksi yang diperoleh dari kurva kompaksi tampak pada Tabel 8.



Gambar 6. Kurva Kompaksi Material *Crushed Limestone*

Tabel 8. Parameter Kompaksi Material *Crushed Limestone*

Sampel Uji	Ukuran Butir <i>Equivalent</i>	<i>Maximum Dry Density,</i> $\gamma_{dry\ max} (t/m^3)$	<i>Optimum Moisture Content,</i> $w_{opt} (\%)$
SU1	2mm	1,54	0,53
SU2	3mm	1,55	0,19
SU3	4mm	1,57	0,64

Berdasarkan Gambar 6 tampak bahwa, kurva kompaksi untuk sampel uji SU1 similar terhadap kurva kompaksi sampel uji SU3 walaupun memiliki puncak kurva yang berbeda. Tetapi tidak demikian halnya untuk sampel uji SU2 yang menunjukkan bentuk kurva yang berbeda dengan sampel uji SU1 dan SU3. Kondisi bentuk kurva yang similar untuk sampel uji SU1 dan SU3 selaras dengan kondisi nilai C_u , C_c dan % *finer* (Tabel 7) yang hampir sama juga untuk sampel uji SU1 dan SU3.

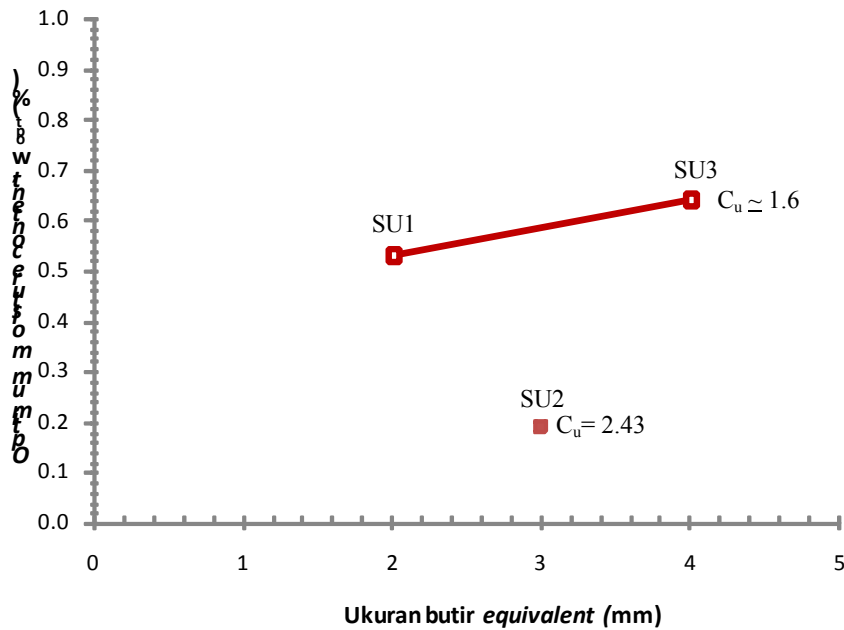
Berdasarkan Tabel 8 tampak bahwa, nilai *maximum dry density*, $\gamma_{dry\ max}$ dan *optimum moisture content*, w_{opt} yang paling besar adalah pada sampel uji SU3, dimana sampel uji SU3 juga memiliki ukuran butir *equivalent* yang terbesar yaitu 4mm.

Pengaruh ukuran butir *equivalent* sampel uji SU1, SU2 dan SU3 terhadap nilai *optimum moisture content*, w_{opt} dinyatakan pada Tabel 9 dan Gambar 7. Pada Tabel 9 juga dinyatakan rasio kenaikan nilai w_{opt} SU3 terhadap w_{opt} SU1, dimana rasio kenaikannya adalah sebesar 20.8%. Rasio kenaikan w_{opt} SU2 terhadap w_{opt} SU1 tidak diperhitungkan karena nilai C_u sampel uji SU2 berbeda dengan nilai C_u sampel uji SU1.

Tabel 9. Nilai *Optimum Moisture Content*, w_{opt} Material *Crushed Limestone*

Sampel Uji	Ukuran Butir <i>Equivalent</i>	<i>Coefficient of Uniformity</i> (C_u)	<i>Optimum Moisture Content,</i> $w_{opt} (\%)$	Kenaikan nilai w_{opt} terhadap w_{opt} SU1 (%)
SU1	2mm	1,62	0,53	-
SU2	3mm	2,43	0,19	*
SU3	4mm	1,68	0,64	20.8

*tidak diperhitungkan



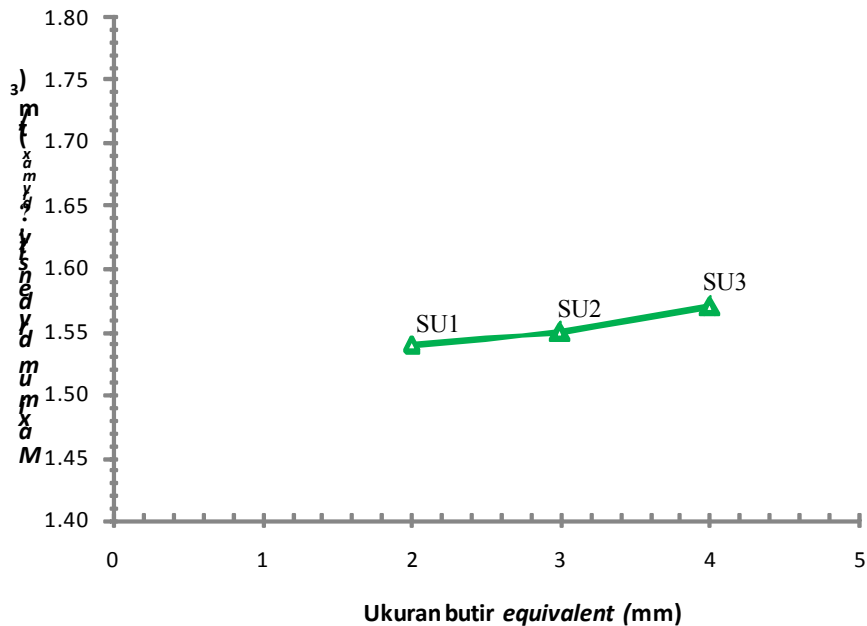
Gambar 7. Kurva Ukuran Butir *Equivalent* terhadap *Optimum Moisture Content, w_{opt}* Material *Crushed Limestone*

Berdasarkan Gambar 7 tampak bahwa, semakin besar ukuran butir *equivalent* material *crushed limestone* dengan nilai kondisi *coefficient of uniformity*, C_u yang sama maka semakin tinggi nilai *optimum moisture content*, w_{opt} .

Pengaruh ukuran butir *equivalent* sampel uji SU1, SU2 dan SU3 terhadap nilai *maximum dry density*, $\gamma_{dry\ max}$ dinyatakan pada Tabel 10 dan Gambar 8. Pada Tabel 10 juga dinyatakan rasio kenaikan nilai $\gamma_{dry\ max}$ SU3 dan SU2 terhadap $\gamma_{dry\ max}$ SU1, dimana rasio kenaikannya berturut-turut adalah 0.6% dan 1.9%.

Tabel 10. Nilai *Maximum Dry Density*, $\gamma_{dry\ max}$ Material *Crushed Limestone*

Sampel Uji	Ukuran Butir Equivalent	Coefficient of Uniformity (C_u)	Maximum Dry Density, $\gamma_{dry\ max}$ (t/m^3)	Kenaikan Nilai $\gamma_{dry\ max}$ terhadap $\gamma_{dry\ max}$ SU1 (%)
SU1	2mm	1,62	1,54	-
SU2	3mm	2,43	1,55	0.6
SU3	4mm	1,68	1,57	1.9

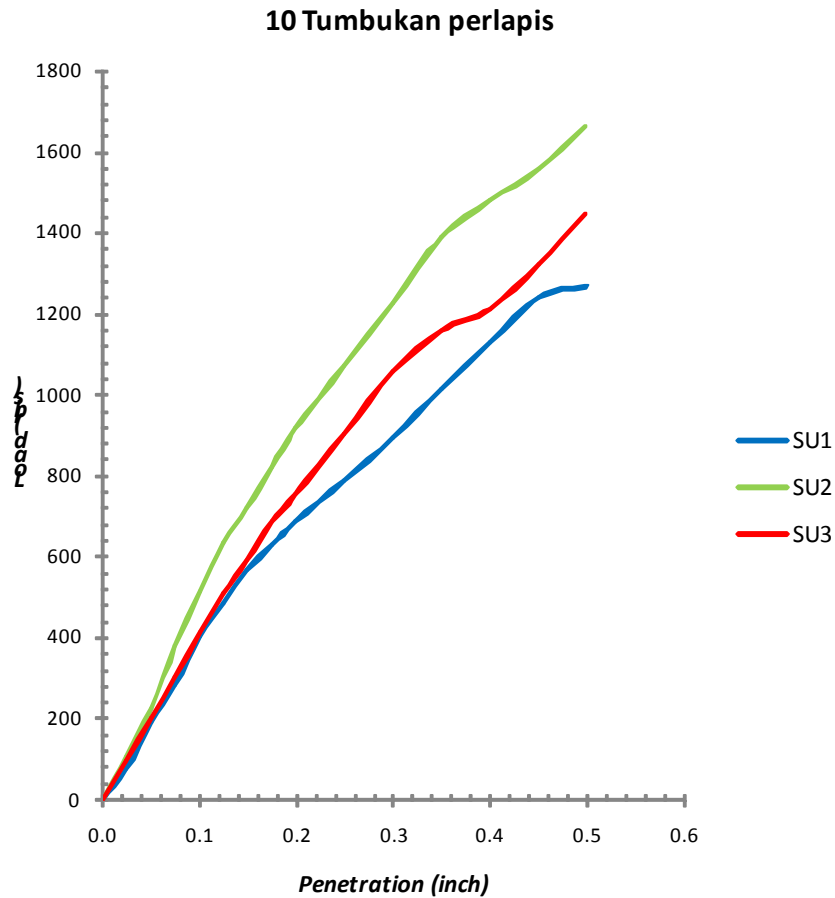


Gambar 8. Kurva Ukuran Butir *Equivalent* terhadap *Maximum Dry Density*, $\gamma_{dry\ max}$ Material *Crushed Limestone*

Berbeda halnya dengan parameter w_{opt} , semakin besar ukuran butir *equivalent* tidak berpengaruh secara signifikan terhadap parameter *maximum dry density*, $\gamma_{dry\ max}$, hal ini tampak pada Tabel 10 yang menunjukkan bahwa tingkat kenaikan $\gamma_{dry\ max}$ SU2 dan SU3 terhadap $\gamma_{dry\ max}$ SU1 berturut-turut hanya sebesar; 0.6% dan 1.9%. Berdasarkan Gambar 8 tampak bahwa, nilai C_u tidak mempengaruhi nilai $\gamma_{dry\ max}$, sehingga dapat diperoleh kurva antara ukuran butir *equivalent* dan *maximum dry density*, $\gamma_{dry\ max}$ yang melalui titik SU1, SU2 dan SU3 seperti yang tampak pada Gambar 8.

5.5. Analisis Hasil Uji CBR Material *Crushed Limestone*

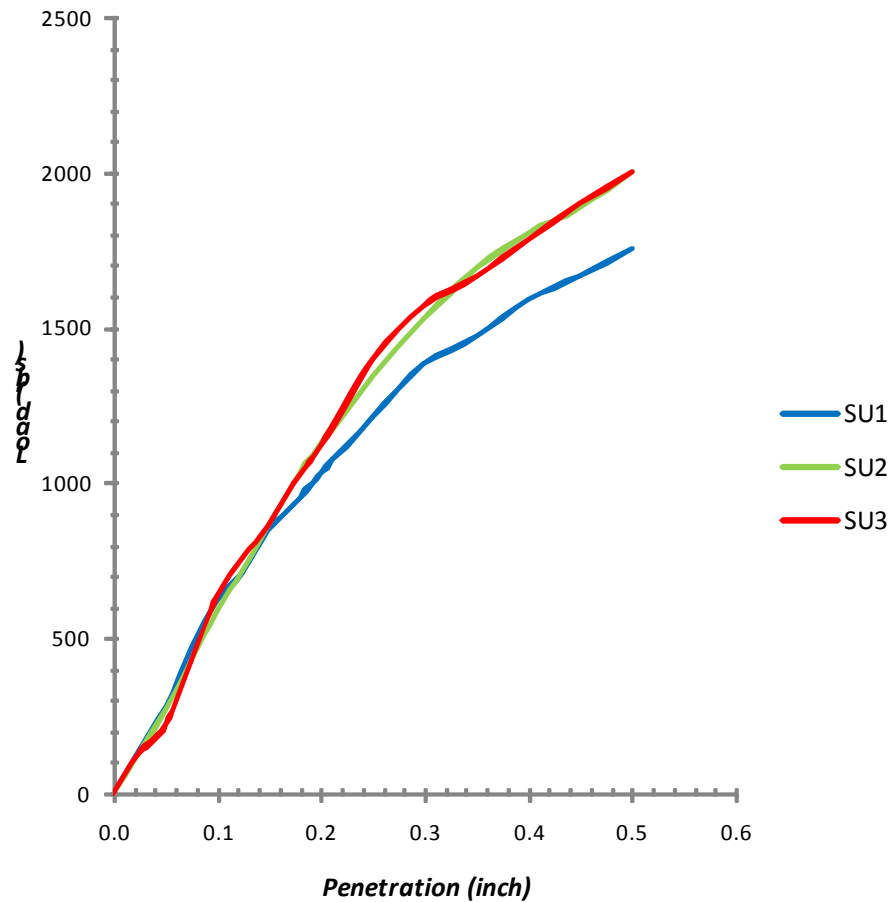
Uji CBR kondisi *unsoaked* di laboratorium dilakukan pada ketiga sampel uji (SU1, SU2 dan SU3) mengacu pada standar uji ASTM 1883. Uji CBR dilakukan dengan menggunakan satu kadar air yaitu *optimum moisture content*, w_{opt} untuk setiap sampel uji. Energi yang diberlakukan pada setiap sampel uji adalah 10 tumbukan perlapis, 25 tumbukan perlapis dan 56 tumbukan perlapis untuk total 3 lapisan pada setiap sampel uji pada *mold* (cetakan) CBR. Kurva antara *load* dan *penetration* ketiga sampel uji untuk setiap energi pemadatan (10, 25 dan 56 tumbukan perlapis) tampak pada Gambar 9, Gambar 10 dan Gambar 11.



Gambar 9. Kurva *Load – Penetration* Material *Crushed Limestone* dengan Energi Pematatan 10 Tumbukan Perlapis

Berdasarkan kurva *load – penetration* pada Gambar 9 dengan energi pematatan sebesar 10 tumbukan perlapis; pada sampel uji SU1 dan SU3 (kedua sampel uji ini memiliki nilai *coefficient of uniformity*, $C_u \simeq 1,6$), ditunjukkan bahwa semakin besar ukuran butir *equivalent* maka semakin besar beban (*load*) yang dapat bekerja pada sampel uji untuk kondisi penetrasi $> 0,2$ inch. Untuk sampel uji SU2 yang memiliki *coefficient of uniformity*, $C_u = 2,43$ ($> C_u$ SU1 dan C_u SU3), ditunjukkan bahwa semakin besar nilai C_u maka semakin besar beban (*load*) yang dapat bekerja pada sampel uji untuk kondisi penetrasi $> 0,1$ inch.

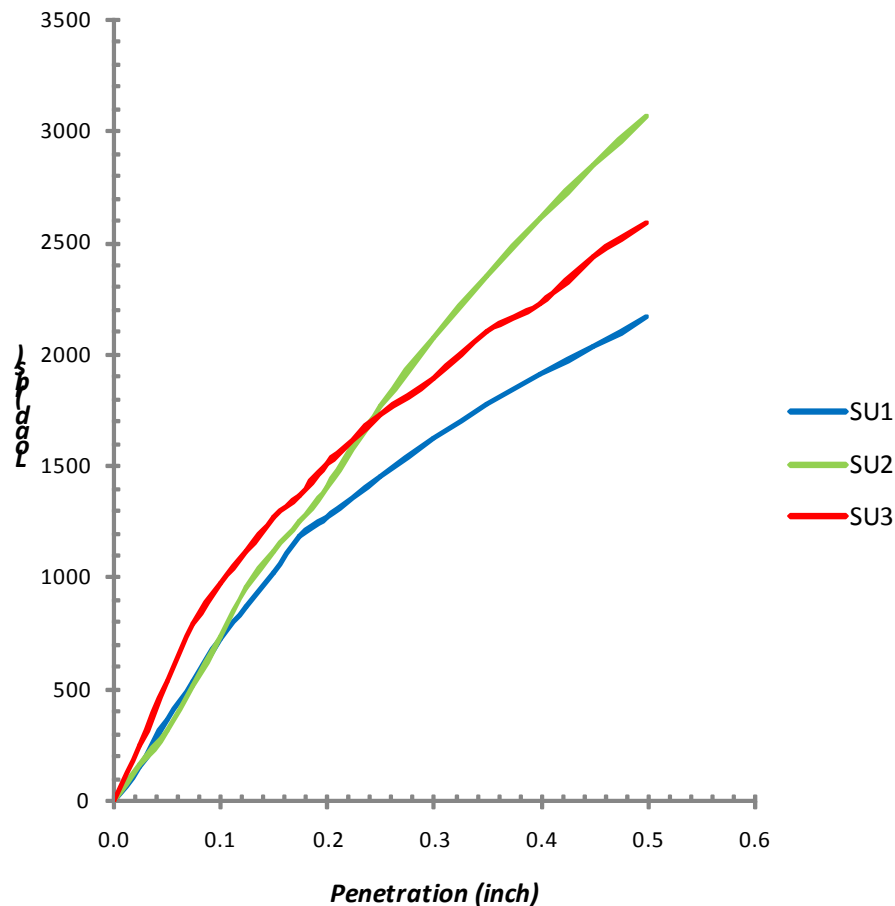
25 Tumbukan Perlapis



Gambar 10. Kurva *Load – Penetration* Material *Crushed Limestone* dengan Energi Pematatan 25 Tumbukan Perlapis

Berdasarkan kurva *load – penetration* pada Gambar 10 dengan energi pematatan sebesar 25 tumbukan perlapis; pada sampel uji SU1 dan SU3 (kedua sampel uji ini memiliki nilai C_u yang hampir sama) ditunjukkan bahwa semakin besar ukuran butir *equivalent* maka semakin besar beban (*load*) yang dapat bekerja pada sampel uji untuk penetrasi $> 0,2$ inch. Untuk sampel uji SU2 yang memiliki nilai C_u lebih besar dari SU1 dan SU3, kurva *load – penetration* yang dihasilkan oleh sampel SU2 mendekati kurva *load – penetration* SU3. Hal tersebut menunjukkan bahwa energi pematatan yang bertambah dari 10 tumbukan ke 25 tumbukan perlapis menghasilkan perubahan kurva *load – penetration*.

56 Tumbukan Per lapis



Gambar 11. Kurva *Load – Penetration* Material *Crushed Limestone* dengan Energi Pemadatan 56 Tumbukan Per lapis

Berdasarkan kurva *load – penetration* pada Gambar 11 dengan energi pemadatan sebesar 56 tumbukan per lapis; pada sampel uji SU1 dan SU3 (kedua sampel uji ini memiliki nilai C_u yang hampir sama) ditunjukkan bahwa semakin besar ukuran butir *equivalent* maka semakin besar beban (*load*) yang dapat bekerja pada sampel uji untuk setiap penetrasi. Sementara untuk sampel uji SU2 yang memiliki nilai C_u lebih besar dari SU1 dan SU3, ditunjukkan bahwa semakin besar nilai C_u maka semakin besar beban yang dapat bekerja pada sampel uji untuk penetrasi $> 0,25$ inch .

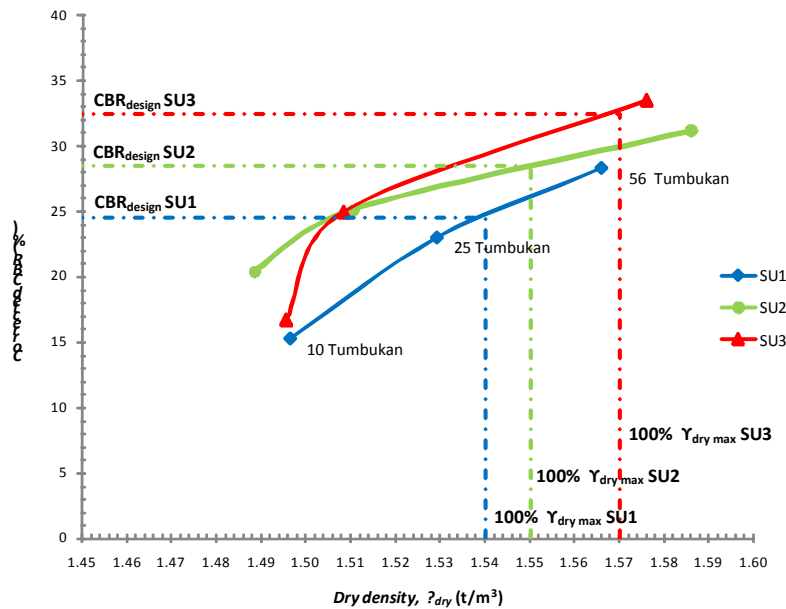
Berdasarkan kurva *load – penetration* pada Gambar 9, Gambar 10 dan Gambar 11 tampak bahwa, semakin besar energi pemadatan maka semakin besar pula beban (*load*) yang dapat bekerja pada sampel uji.

Untuk setiap kurva *load – penetration* akan diperoleh nilai *corrected* CBR. Nilai *corrected* CBR untuk ketiga sampel uji tampak pada Tabel 11.

Tabel 11. Nilai *Corrected* CBR Material *Crushed Limestone*

Energi Pemadatan	<i>Corrected</i> CBR (%)		
	SU1	SU2	SU3
10 tumbukan per lapis	15.22	20.39	16.74
25 tumbukan per lapis	22.98	25.11	24.96
56 tumbukan per lapis	28.31	31.20	33.48

Setelah diperoleh nilai *corrected* CBR maka dapat ditentukan nilai CBR *design* untuk ketiga sampel uji SU1, SU2 dan SU3 dengan menggambarkan kurva antara *corrected* CBR dan *dry density*, γ_{dry} seperti tampak pada Gambar 12.



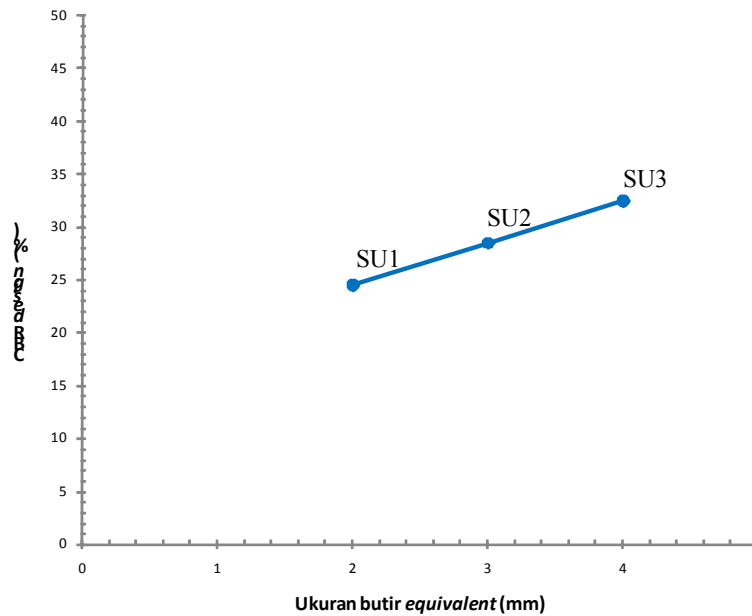
Gambar 12. Kurva *Corrected* CBR – *Dry Density* Material *Crushed Limestone*

Nilai CBR *design* yang digunakan pada studi ini adalah nilai *corrected* CBR yang bersesuaian dengan nilai 100% *maximum dry density*, $\gamma_{dry, max}$ untuk setiap sampel uji. Berdasarkan Gambar 12 tampak bahwa, kurva sampel uji SU3 dengan energi pemadatan 10 tumbukan per lapis tidak mengikuti pola kurva SU1 dan SU2, hal ini diduga bahwa energi ini belum mampu mempengaruhi kepadatan sampel uji SU3.

Nilai CBR *design* untuk ketiga sampel uji dan rasio kenaikan CBR *design* SU2 dn SU3 terhadap CBR *design* SU1 tampak pada Tabel 12. Pengaruh ukuran butir *equivalent* sampel uji SU1, SU2 dan SU3 terhadap nilai CBR *design* tampak pada Gambar 13.

Tabel 12. Nilai CBR *design* Material *Crushed Limestone*

Sampel Uji	Ukuran Butir <i>Equivalent</i>	CBR <i>design</i> (%)	Kenaikan CBR <i>design</i> terhadap CBR <i>design</i> SU1 (%)
SU1	2mm	24.5	-
SU2	3mm	28.5	16.3
SU3	4mm	32.5	32.7



Gambar 13. Kurva Ukuran Butir *Equivalent* terhadap *Maximum Dry Density*, $\gamma_{dry\ max}$ Material *Crushed Limestone*

Tabel 12 menunjukkan bahwa rasio kenaikan nilai CBR *design* SU3 dan SU2 terhadap SU1 berturut-turut adalah 16.3% dan 32.7%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar ukuran butir *equivalent* material *crushed limestone* semakin tinggi nilai CBR *design*.

6 SIMPULAN

Dari hasil studi diperoleh simpulan sebagai berikut:

1. Rasio kenaikan nilai w_{opt} SU3 terhadap SU1 adalah sebesar 20.8%, hal ini menunjukkan bahwa semakin besar ukuran butir *equivalent material crushed limestone* dengan nilai *coefficient of uniformity*, C_u yang sama maka semakin tinggi nilai *optimum moisture content*, w_{opt} .
2. Rasio kenaikan $\gamma_{dry\ max}$ SU2 dan SU3 terhadap SU1 berturut-turut adalah; 0.6% dan 1.9%, hal ini menunjukkan bahwa peningkatan ukuran butir *equivalent* dari 2mm ke 4mm tidak berpengaruh secara signifikan terhadap parameter *maximum dry density*, $\gamma_{dry\ max}$.
3. Rasio kenaikan nilai CBR *design* SU2 dan SU3 terhadap SU1 berturut-turut adalah 16.3% dan 32.7%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar ukuran butir *equivalent material crushed limestone* maka semakin tinggi nilai CBR *design*.

DAFTAR PUSTAKA

1. ASTM C 136-95a, *Standard Test Methods for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates*, Annual Book of ASTM Standards.
2. ASTM D 1883-99, *Standard Test Methods for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils*, Annual Book of ASTM Standards.
3. ASTM D 2216-98, *Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture Content) of Soil and Rock by Mass*, Annual Book of ASTM Standards.
4. ASTM D 2487-00, *Standard Practice for Classification of soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)*, Annual Book of ASTM Standards.
5. ASTM D 698-00, *Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort*, Annual Book of ASTM Standards.
6. BS 1377, (1990), *Method of Test for Soils for Civil Engineering Purposes-Part 2: Classification Tests*, BSI.
7. Das, B.M. and Shoban, K, (2014), *Principles of Geotechnical Engineering*, SI, 8th Ed., Cengage Learning, Standford, USA.
8. Head, K.H., (1984), *Manual of Soil Laboratory Testing-Volume 1: Soil Classification and Compaction Tests*, ELE International Ltd., Pentech Press, London.
9. Look, B.G., 2007, *Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables*, Taylor and Francis, London, UK.
10. Waltham, T., (2009), *Foundation of Engineering Geology*, 3rd Ed., Spon Press, London.

11. XP CEN ISO/TS 17892-3, (2005), *Laboratory Testing of Soil-Part 3: Determination of Particle Density – Pycnometer Method*, French Standardization, Geotechnical Investigation and Testing.
12. Yudianto, B., (2009), *Kajian Pemanfaatan Ruang Kawasan Karst Citatah - Rajamandala untuk Pertambangan dan Industri Pengolahan Kapur di Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat*, Jurnal Bahan Galian Industri Vol. 5 No. 13, pp. 15 - 27.

STUDI ANALISIS DAN DESAIN BALOK BETON PRATEGANG 2 LANTAI DENGAN PROGRAM KOMPUTER

Dicky Aditriya Hermana⁽¹⁾, Daud Rahmat Wiyono⁽²⁾

⁽¹⁾ Mahasiswa Program Studi S1 Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha
Email: aditriya@gmail.com

⁽²⁾ Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha
Email: hwiesiong@gmail.com

ABSTRAK

Gedung pertemuan dengan area yang luas membutuhkan jarak kolom yang jauh agar tidak menghalangi pemandangan dan memberikan keleluasaan gerak. Dengan demikian akan ditemukan bentang balok yang panjang sehingga perlu menggunakan beton prategang agar dimensi balok tidak terlalu tinggi.

Desain balok induk prategang dengan menggunakan perangkat lunak untuk balok induk menghasilkan nilai 10, pada tendon Tipe B dan C. Desain balok anak prategang dengan menggunakan perangkat lunak, menghasilkan nilai 9, pada Tipe B dan C.

Kata kunci: beton prategang, ADAPT-PT,

ABSTRACT

Conference building with a wide areas required a wide space between columns so they don't obstruct any views and provide flexibility of movement. Thus a long span beam will be found so it's necessary to use prestressed concrete that can reduce the beam dimension.

The primary beam designed by software required number is 10, on type B and C tendon. The required number that produced by secondary beam is 9, on type B and C tendon

Keywords: prestressed concrete, primary beam, secondary beam.

1. LATAR BELAKANG

Untuk menciptakan suasana yang luas dari suatu ruang pertemuan atau *ballroom* dapat dilakukan dengan cara menghilangkan pemandangan yang menghalangi yaitu kolom-kolom yang terletak pada bagian tengah ruangan. Berdasarkan hal tersebut seringkali ruang pertemuan diletakkan pada lantai paling atas dari suatu gedung, karena lantai paling atas hanya memikul beban atap yang relatif ringan sehingga kolomnya dapat diletakkan pada bagian tepi gedung.

Kendala yang ada bila ruang pertemuan terletak di lantai paling atas adalah perlunya menyediakan sarana transport berupa lift yang cukup banyak. Seringkali ruang pertemuan pada lantai bawah lebih praktis dibandingkan dengan ruang pertemuan yang diletakkan pada lantai paling atas karena pengunjung dapat segera memasuki ruang pertemuan tersebut. Namun ruang pertemuan di lantai paling bawah memiliki konsekwensi memikul beban pelat lantai yang berat dengan jarak kolom yang besar sehingga mengakibatkan biaya yang lebih mahal. Walau demikian ruang pertemuan yang terletak di lantai bawah seringkali dibutuhkan walaupun biaya yang relatif lebih mahal.

Beton adalah material yang kuat dalam kondisi tekan, tetapi lemah dalam kondisi tarik. Kuat tarik beton bervariasi dari 8 sampai 14 persen dari kuat tekannya [Nawy, 2000]. Dengan sifat tersebut, beton dimanfaatkan sebagai material pembentuk struktur yang baik seperti beton bertulang, dimana dalam struktur tersebut beton dan tulangan baja yang kuat terhadap tarik bekerja sama menahan gaya-gaya yang ada.

Jika pada struktur bangunan tersebut terdapat bentang yang cukup besar, maka bentang yang besar ini akan mengakibatkan momen lentur yang besar pada balok beton sepanjang bentang tersebut. Hal ini menyebabkan balok beton tersebut harus menahan tarik yang besar. Oleh karena itu, diperlukan pendesainan balok beton tersebut dengan menggunakan beton prategang yang dapat membuat gaya dalam yang bekerja sepanjang bentangnya menjadi tekan.

Pada tugas akhir ini akan dibahas suatu gedung yang memiliki 5 lantai, dengan area ruang pertemuan yang diletakkan di lantai bawah, dengan bentang balok 20m dan jarak antara kolom 8m. Struktur gedung pertemuan ini terdiri dari balok induk bentang panjang dan balok anak menggunakan struktur beton prategang. Pelat lantai, kolom dan balok induk bentang pendek menggunakan struktur beton bertulang.

2. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penulisan dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan analisis struktur untuk balok dengan perangkat lunak.
2. Mendesain elemen struktur untuk balok induk beton prategang dan struktur balok anak beton prategang dengan cara manual dan dengan menggunakan perangkat lunak *ADAPT-PT*

3. RUANG LINGKUP PERMASALAHAN

Ruang lingkup yang akan dibahas dalam tulisan ini adalah :

- a. Struktur balok beton prategang untuk balok induk dan balok anaknya;
- b. Beban gempa tidak diperhitungkani.
- c. Peraturan yang digunakan adalah : ACI-02; UBC-97; IBC-03
- d. Mutu beton yang digunakan adalah $f_c' = 45\text{MPa}$ untuk beton prategang dan 35MPa untuk beton bertulang;

4. TINJAUAN PUSTAKA

4.1 Beton Prategang

Beton prategang merupakan struktur komposit antara dua bahan, yaitu beton dan baja, tetapi dengan mutu tinggi. Baja yang dipakai disebut tendon yang dikelompokkan dan membentuk kabel. Tendon berfungsi untuk menahan tegangan tarik pada struktur dengan bentang besar. Beton prategang juga dapat diberi tambahan tulangan biasa sebagai tulangan memanjang dan tulangan melintang [Hadipratomo, 2008].

Material beton kuat dalam menahan tekan, namun lemah dalam menahan tarik. Oleh karena itu, retak lentur umum terjadi pada beton bahkan pada tahapan awal pembebanan. Untuk mengurangi atau mencegah terjadinya retak-retak tersebut, dapat dilakukan pretensioning terhadap tulangan baja yang ada sehingga beton menjadi tertekan sebelum gaya tarik bekerja. Dengan cara ini diperoleh struktur beton pratekan atau prategang.

Keuntungan penggunaan beton prategang adalah:

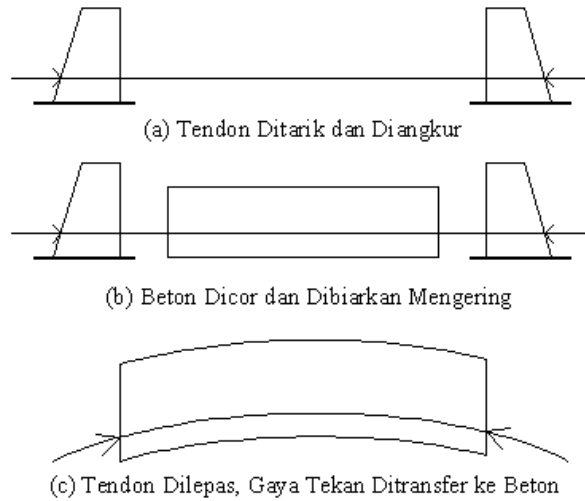
1. Dapat memikul beban lentur yang lebih besar dari beton bertulang.
2. Dapat dipakai pada bentang yang lebih panjang dengan mengatur defleksinya.
3. Ketahanan geser dan puntirnya bertambah dengan adanya penegangan.
4. Dapat dipakai pada rekayasa konstruksi tertentu, misalnya pada konstruksi jembatan segmen.
5. Berbagai kelebihan lain pada penggunaan struktur khusus, seperti struktur pelat dan cangkang, struktur tangki, struktur pracetak, dan lain-lain.
6. Pada penampang yang diberi penegangan, tegangan tarik dapat dieliminasi karena besarnya gaya tekan disesuaikan dengan beban yang akan diterima.

Kerugian penggunaan beton prategang adalah :

1. Memerlukan peralatan khusus tendon, angkur, mesin penarik kabel, dll.
2. Memerlukan keahlian khusus baik dalam perencanaan maupun pelaksanaannya.

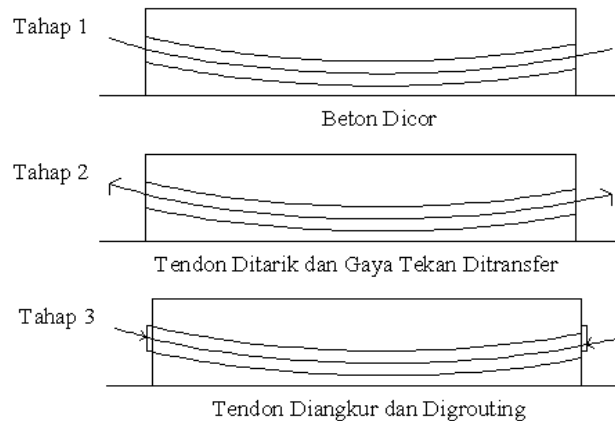
Untuk memberikan tekanan pada beton prategang dilakukan sebelum atau setelah beton dicetak/dicor. Kedua kondisi tersebut membedakan sistem pratekan, yaitu Pratarik (*Pre Tension*) dan Pascatarik (*Post-Tension*).

Pada sistem Pratarik, tendon pertama-tama ditarik dan diangkur pada abutmen tetap. Beton dicor pada cetakan yang sudah disediakan dengan melingkupi tendon yang sudah ditarik tersebut. Jika kekuatan beton sudah mencapai yang disyaratkan maka tendon dipotong atau angkurnya dilepas. Pada saat baja yang ditarik berusaha untuk berkontraksi, beton akan tertekan. Pada cara ini tidak digunakan selongsong tendon.



Gambar 1 Proses Pembuatan Beton Prategang Pratarik

Pada prategang pascatarik, beton dicetak dan dicor terlebih dahulu. Setelah itu beton dibiarkan mengeras sebelum diberi gaya prategang. Tendon dapat dibentuk sesuai dengan desain, yaitu dengan menempatkan saluran kabel dengan posisi yang direncanakan. Kemudian beton dicor, ditunggu sampai kekuatan rencana telah tercapai, lalu tendon ditegangkan setelah dimasukkan kedalam saluran kabel (*cable duct*) dan setelah tercapai tegangan yang diinginkan, maka tendon dijangkar. Proses pascatarik dapat dilihat pada Gambar 2. Gaya prategang ditransfer ke beton melalui jangkar yang mengakibatkan beton menjadi tertekan.



Gambar 2 Proses Pembuatan Beton Prategang Pascatarik

Tidak seperti beton bertulang, beton prategang mengalami beberapa tahap pembebanan. Pada setiap tahap pembebanan harus dilakukan pengecekan atas kondisi serat tertekan dan serat tertarik dari setiap penampang. Pada tahap tersebut berlaku tegangan ijin yang berbeda-beda sesuai kondisi beton dan tendon. Ada dua macam tahap pembebanan pada beton prategang, yaitu *transfer* dan *service*.

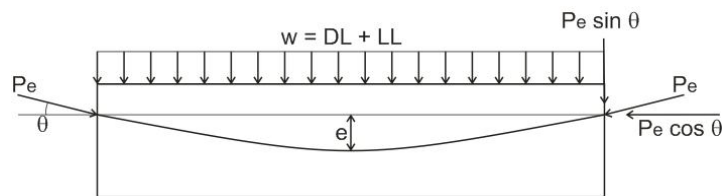
A. *Transfer*

Tahap transfer adalah tahap pada saat beton mulai mengering dan dilakukan penarikan kabel prategang. Pada saat ini biasanya yang bekerja hanya beban mati struktur, yaitu berat sendiri struktur ditambah beban pekerja dan alat. Pada saat ini beban hidup belum bekerja sehingga momen yang bekerja adalah minimum, sementara gaya yang bekerja adalah maksimum karena belum ada kehilangan gaya prategang.

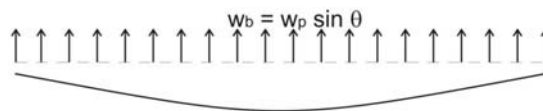
B. *Service*

Kondisi servis adalah kondisi pada saat beton prategang digunakan sebagai komponen struktur. Kondisi ini dicapai setelah semua kehilangan gaya prategang dipertimbangkan. Pada saat ini beban luar pada kondisi maksimum sedangkan gaya prategang mendekati harga minimum.

Pemberian gaya prategang pada beton prategang akan memberikan tegangan tekan pada penampang. Tegangan tekan memberikan perlawanan terhadap beban luar yang bekerja. Apabila gaya prategang bekerja tidak pada pusat penampang, tetapi dengan eksentrisitas, maka ada tambahan tegangan akibat eksentrisitas tersebut.



Gambar 3 Balok Prategang dengan Tendon Parabola



Gambar 4 Beban Imbang w_b

Pada tendon yang berbentuk parabola serta beban merata Gambar 3, komponen vertikal dari gaya prategang adalah $w_p \sin \theta$ akan mengimbangi beban merata w , sehingga $w_b = w_p \sin \theta$ seperti pada Gambar 4. Beban merata w_b merupakan beban terbagi merata yang sama sepanjang kabel ke arah atas.

Komponen horisontal dari gaya prategang kiri dan kanan saling meniadakan. Sisa beban yang tidak diimbangi oleh w_b disebut beban tak imbang w_{ub} , maka $w_{ub} = w - w_b$. Balok prategang merupakan balok yang menggunakan prinsip tegangan tekan untuk mengurangi tegangan tarik pada serat tertarik.

4.2 ADAPT-PT

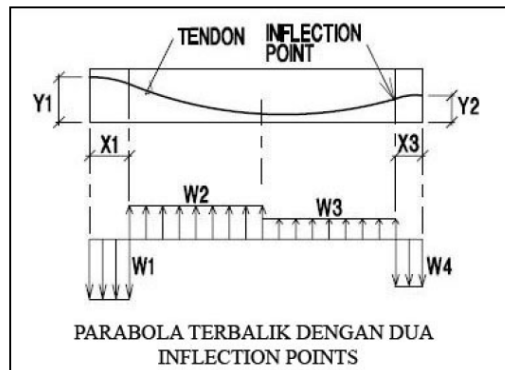
ADAPT-PT adalah program yang salah satu fungsinya adalah untuk analisis dan desain balok beton prategang. Program ini dapat menghitung dan menentukan profil dan jumlah tendon yang dibutuhkan. Oleh karena itu, dibutuhkan data tentang geometri struktur, pembebanan, material, dan penampang balok yang akan dianalisis.

Dalam mendesain dibutuhkan data-data seperti tegangan ijin awal dan akhir, tegangan tekan rata-rata, persentase beban imbang, sebagai berikut:

1. Geometri Struktur, berfungsi untuk menginput data-data dimensi untuk model struktur yang akan dianalisis dan desain.
2. Pembebanan, berfungsi untuk menginput data-data beban yang membebani struktur yang akan dianalisis dan desain.
3. Material, berfungsi untuk mendefinisikan material yang digunakan dalam struktur yang akan dianalisis dan desain.
4. Penampang, berfungsi untuk mendefinisikan jenis penampang pada suatu struktur.
5. Tegangan ijin awal dan akhir, terdiri dari batasan tegangan beton sesaat sesudah penyaluran gaya prategang dan pada kondisi layan. Batasan-batasan tegangan yang digunakan di ADAPT, baik tarik maupun tekan, akan disesuaikan dengan batasan tegangan ijin beton prategang dimana tegangan tekan akan bernilai negatif dan tegangan tarik bernilai positif.
6. Persentase beban imbang (W_{bal})

Besarnya persentase beban mati yang dihubungkan oleh pasca-tarik bergantung pada profil tendon yang dipilih. Dalam praktek, profil tendon yang umum digunakan adalah parabola terbalik. Dengan menggunakan profil tendon seperti ini, tendon dapat

memberikan tekanan baik kearah atas maupun kearah bawah. Gambar 5. menunjukkan beban imbang pada parabola terbalik.

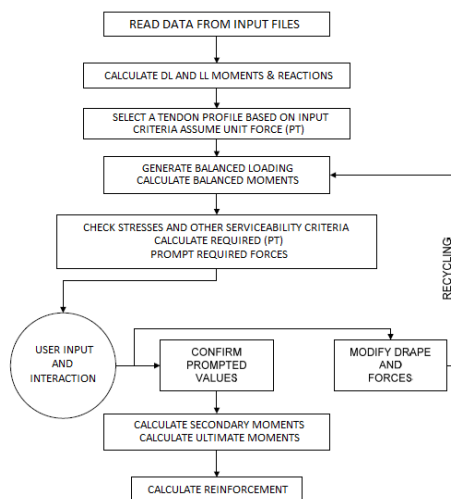


Gambar 5 Parabola Terbalik dan Beban Imbang [Aalami, 2005]

7. Tegangan tekan rata-rata (P/A)

Tegangan tekan rata-rata didefinisikan sebagai besarnya gaya prategang total dibagi dengan luas penampang beton. Peraturan memberikan batasan maksimum dan minimum untuk nilai P/A tersebut. Besaran ini digunakan untuk mengontrol retak, rangkak, dan perpendekan elastis pada beton.

Dalam desain balok beton prategang, ADAPT menggunakan system iterasi yang setiap iterasinya akan memberikan hasil lebih baik dari yang diinginkan. Setelah itu, dilakukan perhitungan tulangan. Bagan alir solusi iterasi dalam desain pada ADAPT seperti Gambar 6.



Gambar 6 Bagan Alir Solusi Iterasi dengan ADAPT-PT [Aalami, 2005]

5 STUDI KASUS DAN PEMBAHASAN

Studi Kasus

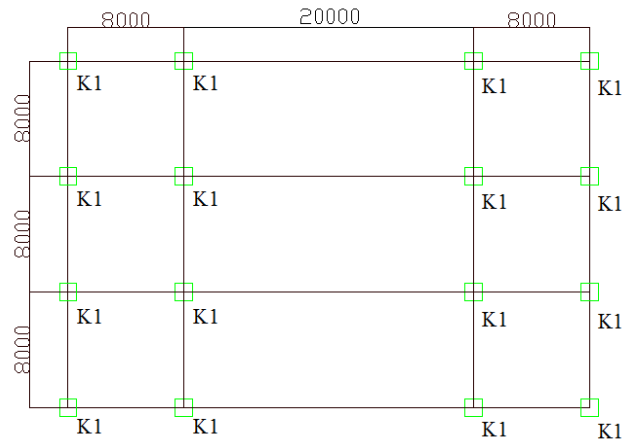
5.1.1 Data Struktur

Struktur gedung pertemuan dengan data struktur sebagai berikut:

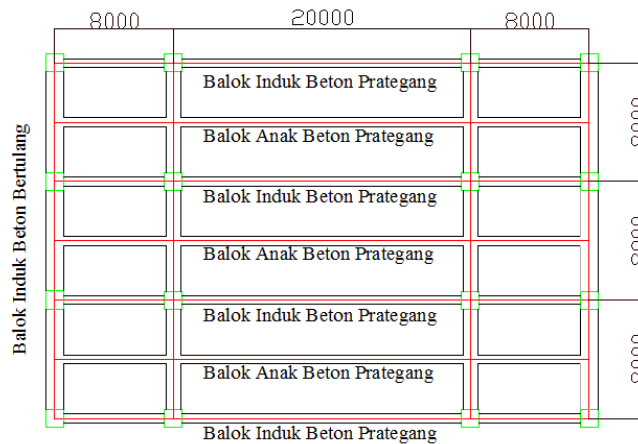
- Jumlah lantai : 2 lantai
- Tinggi lantai 1-2 : 8m
- Bentang

Arah X : 36m

Arah Y : 24m



Gambar 7 Gambar Denah Kolom Gedung Pertemuan



Gambar 8 Gambar Denah Struktur Gedung Pertemuan Lantai Atas

5.1.2 Data Material

Struktur gedung merupakan struktur beton, dengan mutu material sebagai berikut:

a. Pelat, dan Balok Beton Bertulang

1. Beton:

Kuat tekan beton (f_c')	= 35MPa
Berat jenis beton (γ_c)	= 24kN/m ³
Modulus Elastisitas beton (E_c)	= 27805,575MPa

2. Tulangan:

Kuat leleh tulangan utama (f_y)	= 400MPa
Kuat leleh tulangan geser (f_{ys})	= 400MPa
Modulus Elastisitas beton (E_s)	= 200000MPa

b. Kolom, dan Balok Beton Prategang

1. Beton:

Kuat tekan beton (f_c')	= 45MPa
Berat jenis beton (γ_c)	= 24kN/m ³
Modulus Elastisitas beton (E_c)	= 31528,55848MPa

2. Prategang

Material:

Tipe tendon	= <i>Low relaxation 7 wire stand</i>
Diameter strand	= 13mm
Luas strand (A_{ps})	= 98,7mm ²
Modulus Elastisitas strand (E_{ps})	= 189612,5MPa
Kuat ultimit tendon (f_{pu})	= 1860MPa
Kuat tekan efektif rata-rata (f_{se})	= 1200MPa

Sistem:

Sistem = pasca-tarik dengan tendon terekat (*bonded*)

Penegangan:

Rasio <i>jacking stress</i> terhadap kuat ultimit tendon	= 0,8
Slip pada jangkar	= 6mm
Koefisien friksi kelengkungan (μ)	= 0,25
Koefisien <i>Wobble</i> (K)	= 0,0066rad/m
Penegangan pada hari ke	= 5
Kuat tekan minimum pada saat penegangan	= 21MPa

Tulangan non-prategang:

$$\text{Kuat lentur } (f_y) = 400\text{MPa}$$

$$\text{Modulus Elastisitas beton } (E_c) = 200000\text{MPa}$$

5.1.3 Data Pembebanan

Pembebanan yang akan diperhitungkan pada model gedung ini terdiri dari:

a. Beban Mati

Beban mati terdiri dari:

1. Beban Berat Sendiri (*Self Weight*)

Beban berat sendiri seluruh komponen struktur telah dihitung secara internal di dalam program. Berat sendiri dihitung dengan ketentuan berat jenis beton bertulang sebesar 24 kN/m^3 untuk beton bertulang dan 40 kN/m^3 untuk beton prategang.

2. Beban Mati Tambahan (*Superimposed Dead Load*)

Beban mati tambahan adalah beban mati selain dari berat sendiri. Beban mati tambahan pada bangunan ini diakibatkan oleh plafond, ubin, spesi, dan penggunaan plafond.

Pada model gedung ini diambil ketentuan beban mati tambahan sesuai Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung SKBI-1.3.53.1987 sebesar:

Untuk area lantai

$$\text{Beban ubin} = 0,24\text{kN/m}^2$$

$$\text{Beban spesi setebal 3 cm} = 0,63\text{kN/m}^2$$

$$\text{Beban plafond} = 0,11\text{kN/m}^2$$

$$\text{Beban penggantung plafond} = 0,07\text{kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Beban mekanikal elektrik} &= \underline{0,40\text{kN/m}^2} + \\ &= 1,45\text{kN/m}^2 \end{aligned}$$

Pada balok eksterior pada lantai 1 sampai lantai 2 dipasang dinding pasangan batako dengan tebal 10cm.

$$\text{Beban dinding pasangan batako dengan tebal 10 cm} = 2\text{kN/m}^2$$

$$\text{Tinggi bersih lantai 1-2 dan 2-3} = 8\text{m}$$

$$\text{Beban dinding as 1A-7A dan 1B-7B untuk lantai 1-5} = 8 \times 2 = 16\text{kN/m}$$

Beban dinding as A1-A7 dan B1-B7 untuk lantai 1-2 = $8 \times 2 = 16\text{kN/m}$

b. Beban hidup

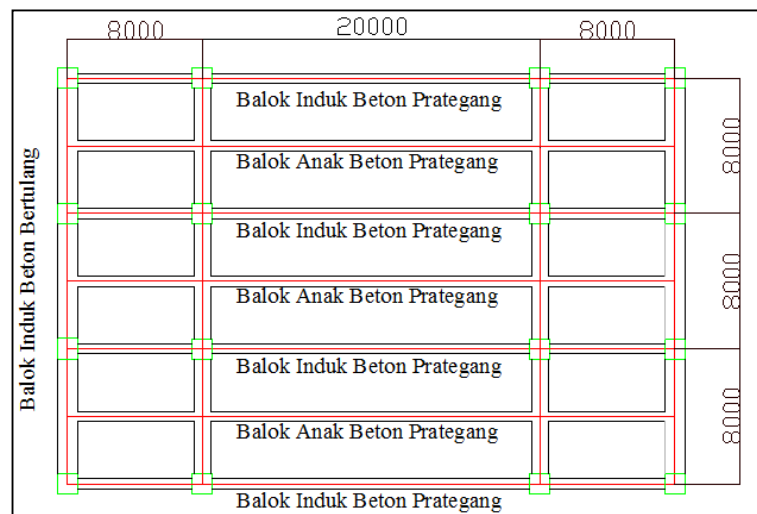
Beban hidup yang bekerja pada model gedung ini menurut SKBI-1.3.53.1987 adalah:

Beban area atap = $1,0\text{kN/m}^2$
Beban area kantor = $2,5\text{kN/m}^2$

5.1.4 Pemodelan Gedung

Analisis struktur gedung 5 lantai ini karena menggunakan software ADAPT PT maka disederhanakan gedungnya dengan sub frame analysis tanpa memperhitungkan beban gempa.

Pemodelan gedungnya seperti terlihat pada gambar dibawah ini. Bangunan mempunyai bentuk serta ukuran yang sama. Oleh karena itu, bangunan tersebut yang akan didesain dan dianalisis. Denah bangunan yang ditinjau dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 9 Denah Tipikal Bangunan

Desain beton prategangnya juga menggunakan program *ADAPT-PT*. Ukuran balok beton prategang yang akan dianalisis adalah sebesar $120 \times 60\text{cm}$.

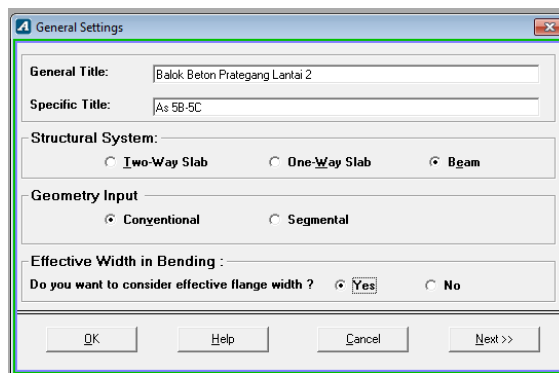
5.1.5 Analisis dan Desain Balok Beton Prategang Menggunakan Software ADAPT-PT

Analisis dan desain balok beton prategang dilakukan dengan menggunakan bantuan program ADAPT-PT. Pada layar ADAPT-PT pilih menu *options* lalu pada *default code* pilih ACI-02;UBC-97;IBC-03, sedangkan pada *default unit* pilih SI.

Salah satu contoh langkah-langkah dalam mendesain dan menganalisis balok beton prategang meliputi:

1. Membuat model baru
2. Menetapkan *General Settings*, seperti pada Gambar 10.

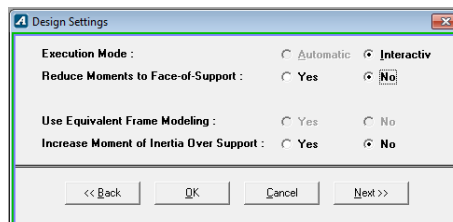
General Title : Balok Beton Prategang lantai 2
Specific Title : As 5B-5C
Structural System : *Beam*
Geometry Input : *Conventional*
Consider Effective flange width : *Yes*



Gambar 10 *General Settings*

3. Menentukan *Design Settings*, seperti terlihat pada Gambar 11.

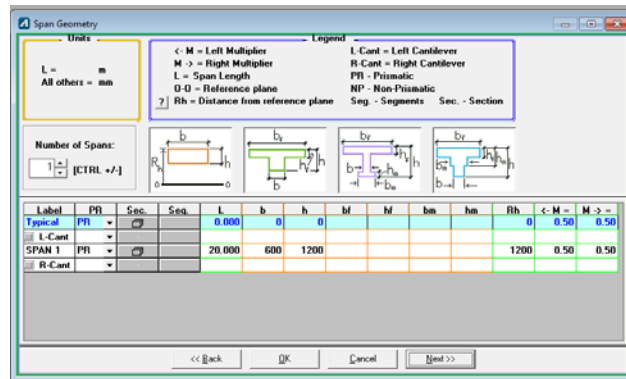
Execution Mode : *Interactive*
Reduce Moment to Face-of-Support : *No*
Increase Moment of Inertia Over Support : *No*



Gambar 11. *Design Settings*

4. Menentukan *Span Geometry*, seperti terlihat pada Gambar 12.

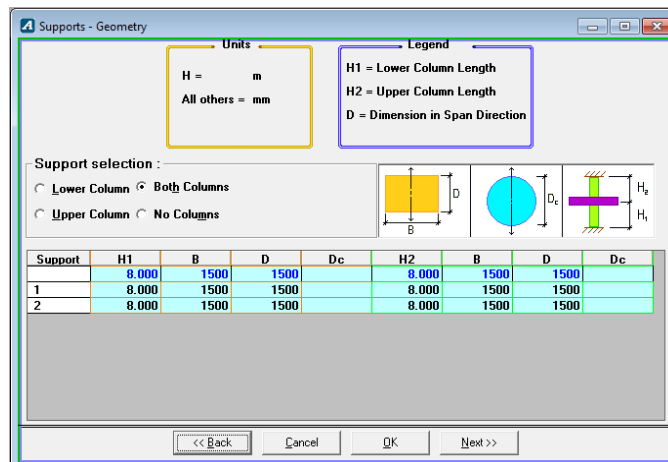
Number of Spans : 1
 Section : Rectangular
 L : 20m
 b : 600mm
 h : 1200mm
 Rh : 1200mm



Gambar 12. *Span Geometry*

5. Memasukkan *Supports-Geometry*, seperti terlihat pada Gambar 13.

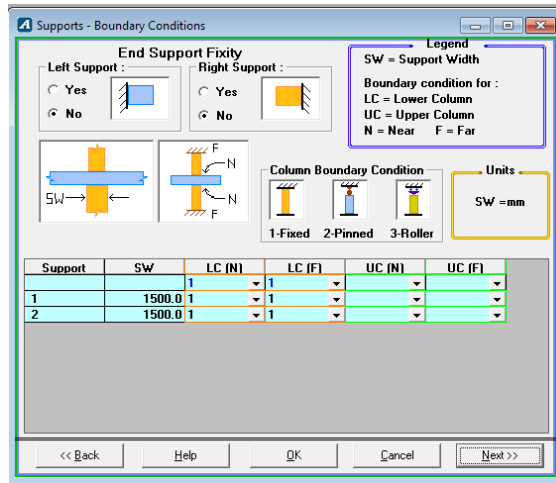
Support selection : Both Columns
 H1 : 8m
 B : 1500mm
 D : 1500mm



Gambar 13 *Supports-Geometry*

6. Memasukkan *Supports-Boundary Conditions*, seperti terlihat pada Gambar 14.

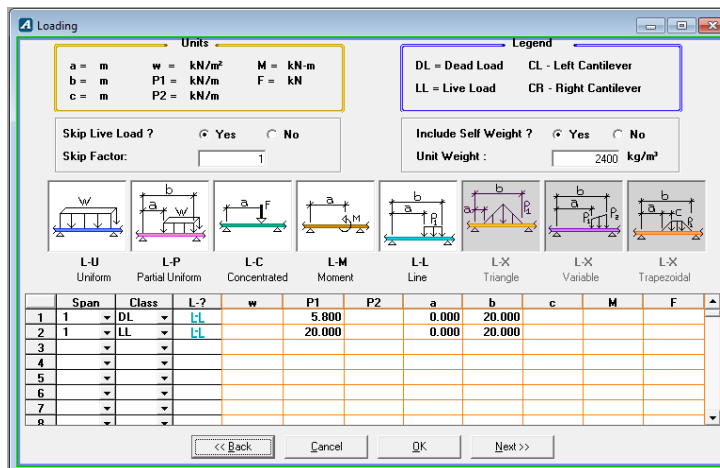
SW = *Column Dimension* : 1500 mm
 LC (N) : 1
 LC (F) : 1



Gambar 14 *Supports-Boundary Conditions*

7. Memasukkan beban, seperti terlihat pada Gambar 15.

Skip Live Load : Yes
Include Self Weight : 2400kg/m³
 Tipe beban : L-L (*Line*)
 WDL : 5,8kN/m
 WLL : 20kN/m



Gambar 15 *Loading*

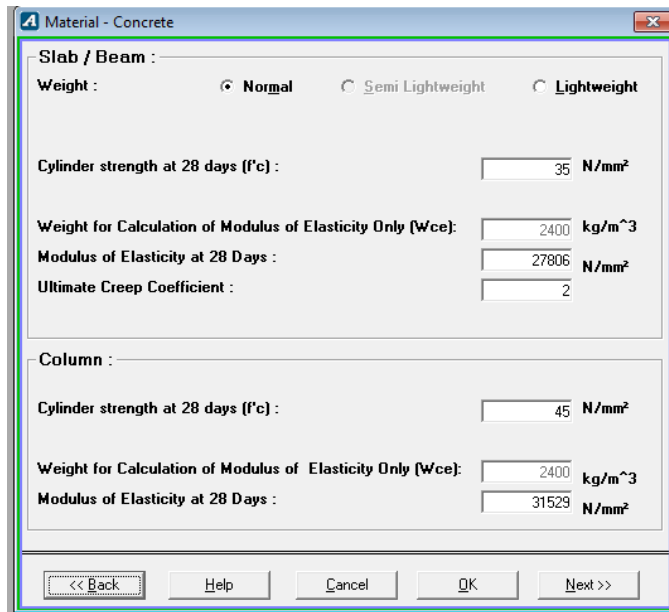
8. Memasukkan *Material-Concrete*, seperti terlihat pada Gambar 16.

Beam:

Weight : Normal
Cylinder strength at 28 days (f'c) : 35N/mm²
Modulus of Elasticity at 28 days : 27805,575N/mm²
Ultimate Creep Coefficient : 2

Column:

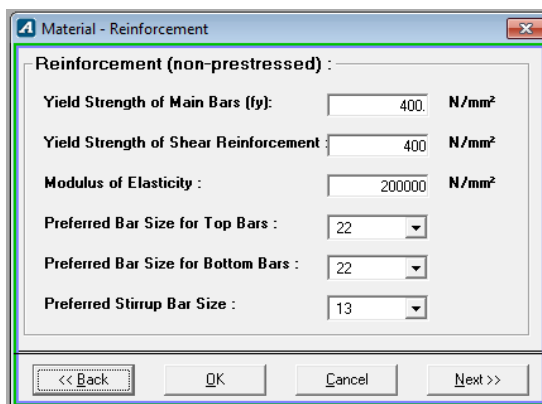
Cylinder strength at 28 days (f'c) : 45N/mm²
Modulus of Elasticity at 28 days : 31528,56N/mm²



Gambar 16 *Material-Concrete*

9. Memasukkan *Material-Reinforcement*, seperti terlihat pada Gambar 17.

f_y : 400N/mm²
Yield Strength of Shear Reinforcement : 400N/mm²
Modulus of Elasticity : 200000N/mm²
Preferred Bar Size for Top Bars : 22
Preferred Bar Size for Bottom Bars : 22
Preferred Stirrup Bar Size : 13



Gambar 17 Material-Reinforcement

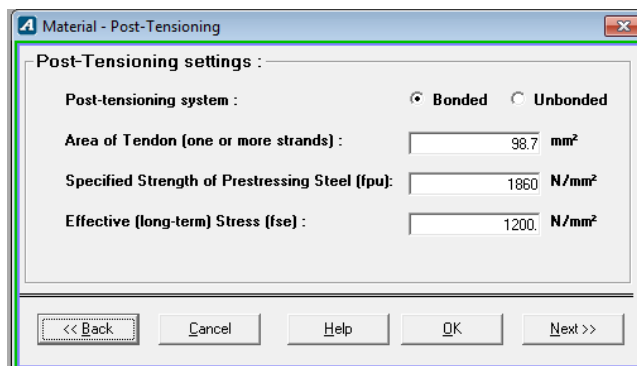
10. Memasukkan *Material-Post-Tensioning*, seperti terlihat pada Gambar 18.

Post-tensioning system: Bonded

Area of Tendon : 98,7mm²

f_{pu} : 1860N/mm²

f_{se} : 1200N/mm²



Gambar 18 Material-Post-Tensioning

11. Memasukkan *Criteria-Allowable Stresses*, seperti terlihat pada Gambar 19.

Tensile Stresses:

Initial Stress/ $(f'_{ct})^{1/2}$

Top Fiber : 0,25

Bottom Fiber : 0,25

Final Stress/ $(f'_{ct})^{1/2}$

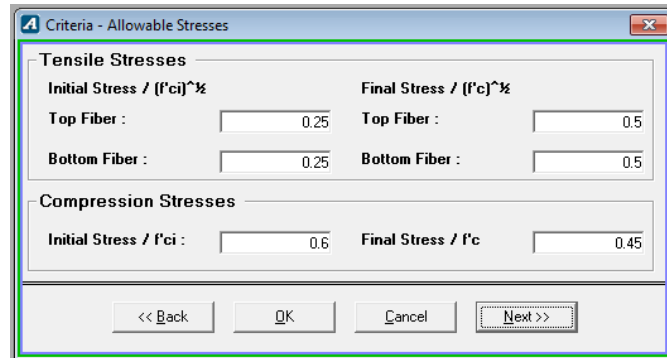
Top Fiber : 0,5

Bottom Fiber : 0,5

Compression Stresses:

Initial Stress/ f_{ct}^i : 0,6

Final Stress/ f_{ct}^f : 0,45



Gambar 19 Criteria-Allowable Stresses

12. Memasukkan *Criteria-Recommended Post-tensioning Values*, seperti terlihat pada Gambar 5.14.

Average Pre-compression:

Minimum : 0,85N/mm³

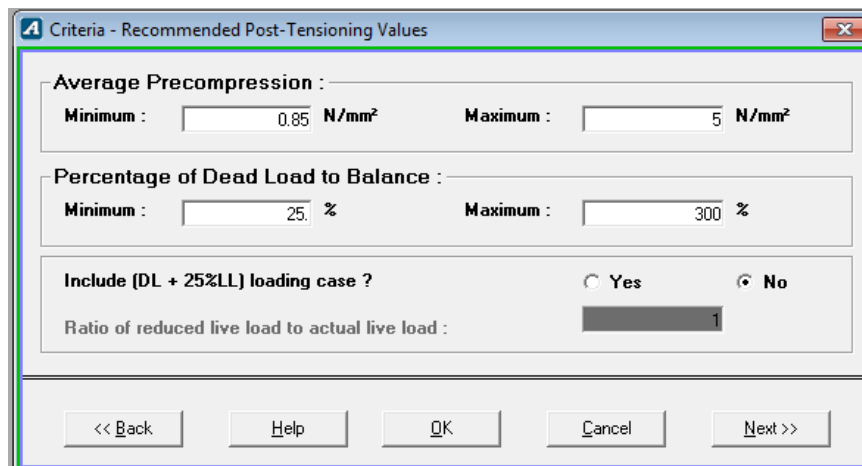
Maximum : 5N/mm³

Percentage of Dead Load to Balance:

Minimum : 25%

Maximum : 300%

Include (DL + 25%LL) loading case? : No



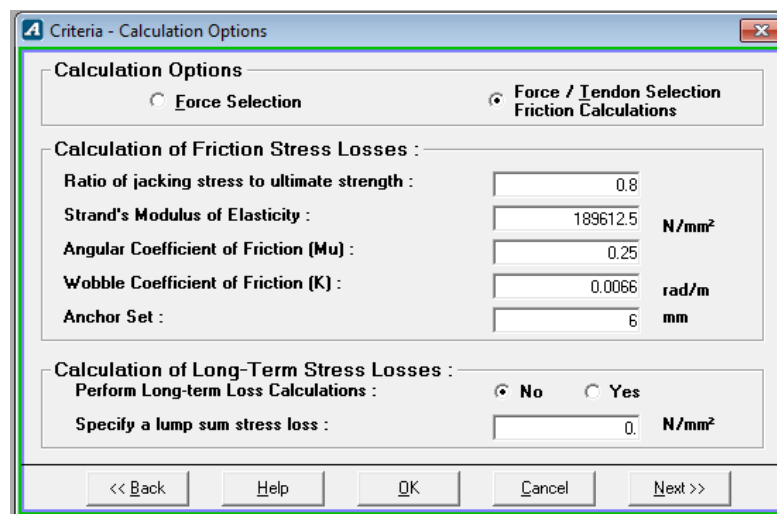
Gambar 20 Criteria-Recommended Post-Tensioning Values

13. Memasukkan *Criteria-Calculation Options*, seperti terlihat pada Gambar 21.

Force/Tendon Selection Friction Calculations:

Calculation of Friction Stress Losses:

Ratio of jacking : 0,8
 Strand's Modulus of Elasticity : 189612,5 N/mm²
 Angular Coefficient of Friction (Mu) : 0,25
 Wobble Coefficients of Friction (K) : 0,0066
 Anchor Set : 6 mm

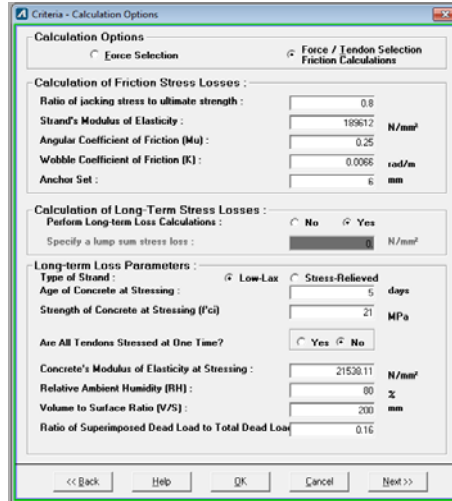


Gambar 21 *Criteria-Calculation Options*

Dengan mengaktifkan *Perform Long-term Loss Calculations*, akan tampil *Long-term Loss Parameters* seperti terlihat pada Gambar 22.

Long-term Loss Parameters:

Type of Strand : Low-Lax
 Age of Concrete at Stressing : 5 hari
 Strength of Concrete at Stressing f'_{ci} : 21 Mpa
 All Tendons Stressed at One Time : No
 Concrete E at Stressing : 21538,11 N/mm²
 Relative Ambient Humidity (RH) : 80%
 Volume to Surface Ratio (V/S) : $\frac{1200 \times 600}{2 \times (1200 + 600)} = 200$ mm
 Ratio of SDL to Total Dead Load : 0,16



Gambar 22 Criteria-Calculations Options (Long-term Loss Parameters)

14. Memasukkan *Criteria-Tendon Profile*, seperti terlihat pada Gambar 23.

Type 1 = Parabola Terbalik (*Reversed Parabola*)

Type 2 = Parabola Sebagian (*Partial Parabola*)

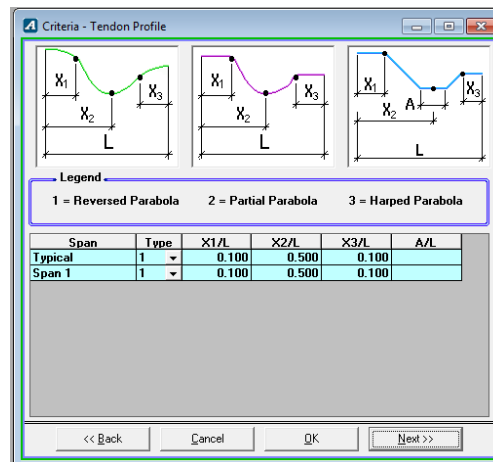
Type 3 = Harpa Parabola (*Harped Parabola*)

Typical:

Type : 1
 X1/L : 0,1
 X2/L : 0,5
 X3/L : 0,1

Span1:

Type : 1
 X1/L : 0,1
 X2/L : 0,5
 X3/L : 0,1



Gambar 23 Criteria-Tendon Profile

15. Memasukkan *Criteria-Minimum Covers*, seperti terlihat pada Gambar 24.

Post-tensioning:

Min CGS of tendon from top fiber : 160 mm

Minimum CGS of tendon from bottom fiber:

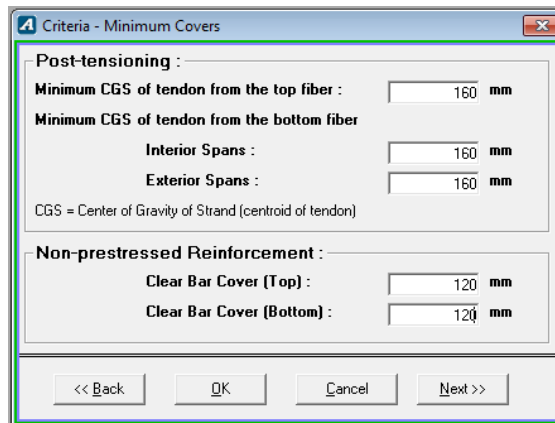
Interior Spans : 160 mm

Exterior Spans : 160 mm

Non-pre-stressed Reinforcement:

Clean Bar Cover (Top) : 120 mm

Clean Bar Cover (Bottom) : 120 mm



Gambar 24 *Criteria-Minimum Covers*

16. Memasukkan *Criteria-Minimum Bar Extension*, seperti terlihat pada Gambar 25

Minimum bar lengths:

Cut off length of minimum steel over

Support (length/span) : 0,16

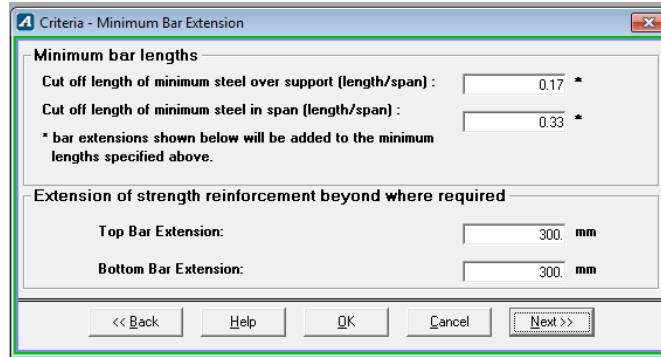
Cut off length of minimum steel in

Span (length/span) : 0,33

Extension of strength reinforcement beyond where required:

Top Bar Extension : 300mm

Bottom Bar Extension : 300mm



Gambar 25 *Criteria-Minimum Bar Extension*

17. Memasukkan kombinasi pembebanan seperti terlihat pada Gambar 26.

Service Combination Factors:

Dead Load : 1

Live Load : 1

Prestressing (Balanced Loading) : 1

Strength Combination Factors:

Dead Load : 1,2

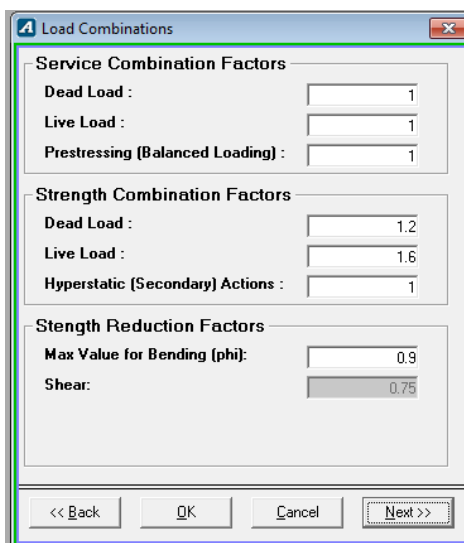
Live Load : 1,6

Hyperstatic (Secondary) Action : 1

Strength Reduction Factors:

Max Value for Bending (ϕ) : 0,9

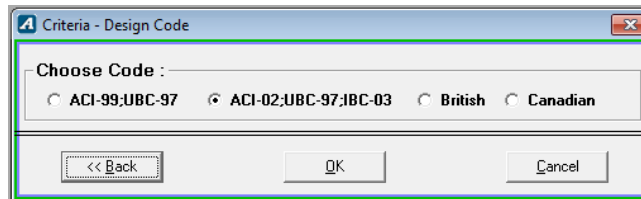
Shear : 0,75



Gambar 26 *Load Combination*

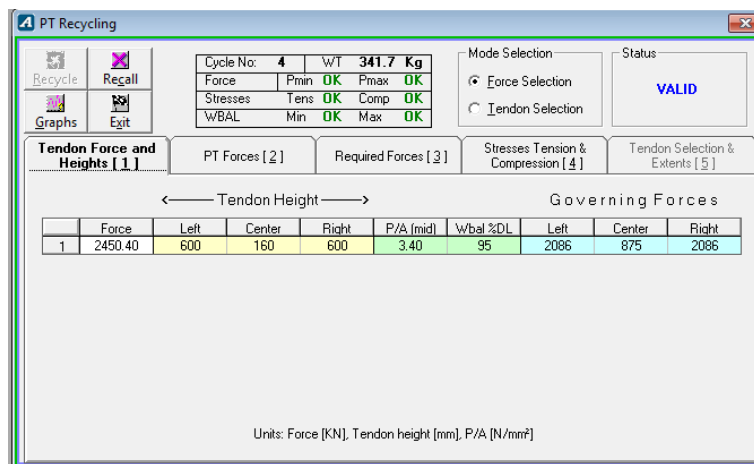
18. Memasukkan *Criteria-Design Code*, seperti terlihat pada Gambar 27.

Choose Code : ACI-02; UBC-97; IBC-03

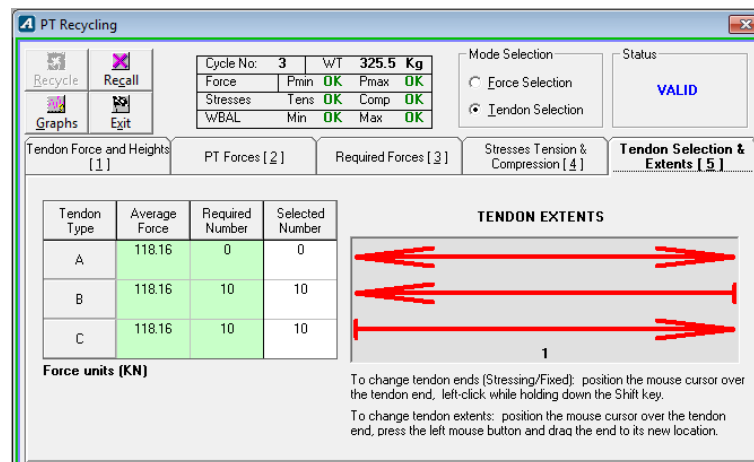


Gambar 27 *Criteria-Design Code*

19. Melakukan *Execute Analysis*. Pada tampilan *PT Recycling*, klik *tendon selection* yang terdapat pada *mode selection*. Pilih *Tendon Force and Heights* untuk mengatur *tendon height* sesuai kebutuhan seperti terlihat pada Gambar 28 dan Gambar 29.

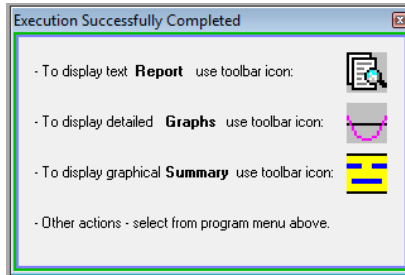


Gambar 28 *PT Recycling*



Gambar 29 *PT Recycling Tendon Selection & Events*

20. Melakukan *Recycle* hingga mendapatkan hasil yang *valid* dengan memenuhi syarat gaya, tegangan, dan W_{bal} . Hasil analisis dapat dilihat dengan memilih *icon View Result* yang tersedia, seperti terlihat pada Gambar 30.



Gambar 30 *Execution Successfully Completed*

Fungsi dari masing-masing *icon* yang terdapat pada *toolbar* yang tersedia dalam ADAPT-PT:



: *Edit data* yang berfungsi untuk melihat kembali atau merubah data-data yang telah diinput sebelumnya.



: *Execute Analysis* berfungsi untuk mengakulasikan ulang data-data yang telah diinput sebelumnya.



: *Recycle Window* berfungsi untuk menampilkan kembali *PT Recycle* yang telah dianalisis.



: *Post Processors* berfungsi untuk analisis gesekan, kehilangan jangka panjang, tegangan awal, momen lateral dan kombinasi pembebanan. Hasil dari analisis tersebut dapat ditampilkan pada *View Results*.



: *Report Setup* berfungsi untuk menyaring data-data yang akan ditampilkan pada *View Results*.



: *View Results* berfungsi untuk menampilkan hasil analisis secara lengkap.



: *Show Graphs* berfungsi untuk menampilkan grafik-grafik dari hasil analisis.



: *PT Sum* berfungsi untuk menampilkan hasil analisis.



: *Open Viewer* berfungsi untuk menampilkan bentuk portal yang dianalisis.

5.1.5 Pembahasan

5.1.5.1 Gaya-Gaya Dalam Balok Prategang

Dari hasil perhitungan balok induk beton prategang lantai 2 AS 5B-5C dan balok anak beton prategang lantai 2 AS 6B-6C, dengan menggunakan perangkat lunak *ETABS* dan *ADAPT-PT*, maka diperoleh nilai Momen Dead Load dan Momen Live Load seperti pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1 Gaya Dalam Balok Induk Beton Prategang

Software yang Digunakan	Momen Live Load		Momen Dead Load	
	Momen Tumpuan (kgm)	Momen Lapangan (kgm)	Momen Tumpuan (kgm)	Momen Lapangan (kgm)
<i>ADAPT-PT</i>	74447	39311	73150	40690

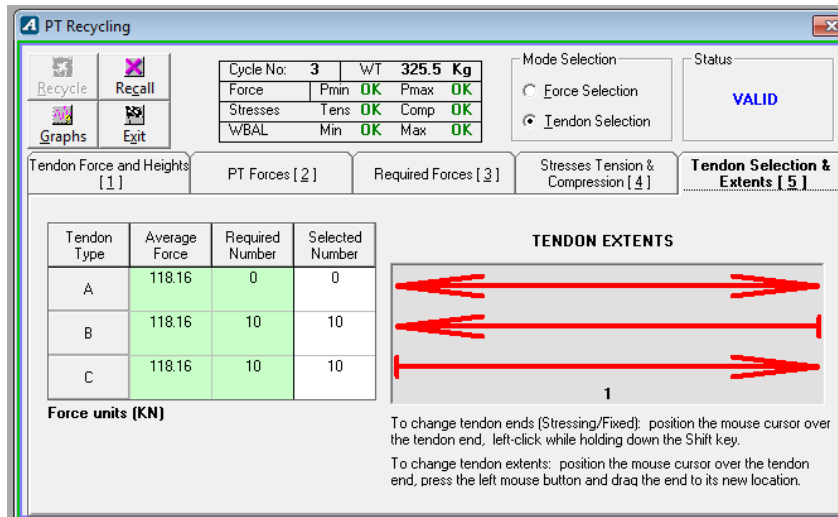
Tabel 2 Gaya Dalam Balok Anak Beton Prategang

Software yang Digunakan	Momen Live Load		Momen Dead Load	
	Momen Tumpuan (kgm)	Momen Lapangan (kgm)	Momen Tumpuan (kgm)	Momen Lapangan (kgm)
<i>ADAPT-PT</i>	64303	35697	73150	40690

Pada Output *ADAPT-PT* didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Balok induk beton prategang

PT Recycling terlihat pada gambar 31.

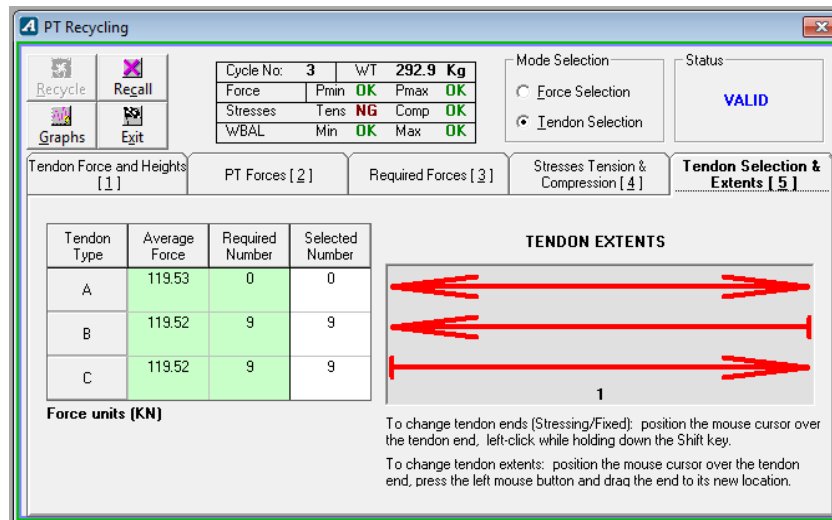


Gambar 31 *PT Recycling* untuk Balok Induk Beton Prategang

Pada Tendon Type A didapatkan nilai *Average Forces* = 118,16, Tendon Type B didapatkan nilai *Average Forces* = 118,16, *Required Number* = 10 dan *Selected Number* = 10, Tendon Type C memiliki nilai yang sama dengan Tendon Type B.

2. Balok Anak Prategang

PT Recycling balok anak terlihat pada gambar 32..



Gambar 32 PT Recycling untuk Balok Anak Beton Prategang

Pada Tendon Type A didapatkan nilai *Average Forces* = 119,52, Tendon Type B didapatkan nilai *Average Forces* = 119,52, *Required Number* = 9 dan *Selected Number* = 9, Tendon Type C memiliki nilai yang sama dengan Tendon Type B.

5.1.5.2 Analisis Beton Prategang

Berdasarkan hasil analisis balok beton prategang dengan menggunakan program *ADAPT-PT*, balok tidak memerlukan tulangan geser jadi memakai tulangan geser praktis

6 SIMPULAN DAN SARAN

6.1 Simpulan

Dari hasil analisis dan desain Gedung 5 lantai dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil analisis desain balok induk beton prategang lantai 2 AS 5B-5C menggunakan program *ADAPT-PT* memiliki nilai Tendon Type A didapatkan nilai *Average Forces* = 118,16, Tendon Type B didapatkan

nilai *Average Forces* = 118,16, *Required Number* = 10 dan *Selected Number* = 10, Tendon Type C memiliki nilai yang sama dengan Tendon Type B

2. Sedangkan balok anak beton prategang memiliki nilai Tendon Type A didapatkan nilai *Average Forces* = 119,52, Tendon Type B didapatkan nilai *Average Forces* = 119,52, *Required Number* = 9 dan *Selected Number* = 9, Tendon Type C memiliki nilai yang sama dengan Tendon Type B.

6.2 Saran

Saran yang diberikan setelah melakukan analisis dan desain terhadap bagian kiri dan tengah bangunan, diantaranya:

1. Memasukkan pengaruh gempa vertikal berhubung ada balok dengan bentang yang panjang.
2. Untuk menghitung struktur secara 3 dimensi disarankan memakai ADAPT FLOOR karena ADAPT-PT hanya dapat memodelkan struktur 2 dimensi dengan hanya 2 perletakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aalami, Bijan O. 2005. *Analysis and Design of Post-Tensioned Buildings Beams, Slab, and Single Story Frames*, Volume I-II. ADAPT Corporation, California.
2. Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SK SNI 03-2847-2002*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pemukiman, Bandung.
 3. Badan Standardisasi Nasional. 2002. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung SK SNI-1726-2002*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pemukiman, Bandung.
 4. Budiono, Bambang, Supriatna, Lucky. 2011. *Study Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa dengan menggunakan SNI 03-1726-2002 dan RSNI 03-1726-201x*. Penerbit ITB, Bandung.
 5. Hadipratomo, Winarni. 2008. *Analisis dan Desain Struktur Beton Prategang*. PT.DSU, Bandung.

6. Pamungkas, Anugrah, Harianti, Erny. 2009. *Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa Sesuai SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-2847-2002 DENGAN BANTUAN PROGRAM ETABS Versi 9.0.7*. ITSPress, Surabaya.
7. Nawy, Edward G. 2000. *Prestressed Concrete : A Fundamental Approach*. 3th ed. Pearson Education, New Jersey.
8. Wright, J.K., MacGregor, J.G. 2009. *Reinforced Concrete* 5th ed. Pearson Education, Inc., Pearson Prentice Hall, New Jersey, USA.