

**KAJIAN KESESUAIAN MENGGANTIKAN TIANG SOKONG KELULI
KEPADA SOKONG KONKRIT PRA-TEGASAN PADA STRUKTUR PAPAN
TANDA DI MALAYSIA**

*(FEASIBILITY STUDY ON REPLACEMENT OF STEEL SIGNBOARD POST
WITH PRESTRESSED CONCRETE POST)*

**ABDULLAH ZAWAWI BIN AWANG
MOHAMAD SALLEH YASSIN
HAZLAN ABDUL HAMID
AHMAD ZAIDON RAIS**

NO. VOT PENYELIDIKAN:

71690

**Jabatan Struktur dan Bahan
Fakulti Kejuruteraan Awam
Universiti Teknologi Malaysia**

2007

ABSTRAK

Kajian kesesuaian ini adalah bertujuan untuk menilai kemampuan konkrit prategasan sebagai pengganti kepada bahan keluli di dalam reka bentuk tiang sokong papan tanda di lebuh raya di Malaysia. Skop kajian hanya meliputi keluli kekuatan sederhana dan mempunyai keratan rentas geronggang bulat berdiameter 406 mm. Tiang sokong papan tanda bulat ini merupakan saiz terbesar yang digunakan oleh syarikat PLUS Berhad. Perbandingan kedua-dua bahan binaan ini dibuat berdasarkan kajian kajian kes terdahulu yang menilai keupayaan mereka semasa peringkat pembinaan dan peringkat penggunaan. Ia meliputi aspek-aspek keselamatan, kekuatan, kebolehkerjaan, ketahananlasakan dan kebolehhidmatan. Konkrit prategasan didapati mempunyai potensi besar sebagai tiang papan tanda piawai di jalan raya atau lebuh raya utama di Malaysia. Ia mempunyai keupayaan dan kelebihan yang lebih baik daripada tiang keluli yang digunakan pada masa ini. Dengan menggunakan konkrit pra-tegasan sebagai tiang papan tanda, pergantungan yang besar sektor pembinaan papan tanda kepada bahan keluli dapat diatasi dan seterusnya kos keseluruhan pembinaan dapat dikurangkan.

ABSTRACT

The main aim of this feasibility study was to evaluate the performance of prestressed concrete post due to replacing steel material in designing signboard posts for expressway in Malaysia. The scope of the study was mainly on mild steel with a diameter of 406 mm circular hollow section, which is the biggest size that has been used by PLUS Bhd. Some comparisons were made based on earlier studies in evaluating the performance of both materials in construction and service stages. The performance of both materials in many aspects was investigated; they were safety, strength, workability, durability and serviceability aspects. The prestressed concrete was found has a good potential to be used as a standard signboard post for expressway in Malaysia in future. It has a good performance and some advantages which are not found in steel posts. By using prestressed concrete post, a dependency of the construction industry to steel material supply can be solved and consequently the overall cost of the signboard construction can be reduced.

KANDUNGAN

Bab	Perkara	Mukasurat
	ABSTRAK	ii
	ABSTRACT	iii
	KANDUNGAN	iv
	SENARAI RAJAH	vii
	SENARAIJADUAL	viii
BAB 1	PENGENALAN	1
1.1	Pengenalan	1
1.2	Kenyataan Masalah	2
1.3	Skop Kajian	3
1.4	Objektif Kajian	3
BAB 2	KAJIAN LITERA TUR	4
2.1	Pengenalan	4
	2.1.1 Papan Tanda Piawai	5
	2.1.2 Papan Tanda Tidak Piawai	8
2.2	Keluli	9
	2.2.1 Penggunaan Keluli dalam Industri	9
	2.2.2 Kandungan Keluli	10
	2.2.3 Ciri-ciri Keluli	11
	2.2.4 Penyelenggaraan terhadap Bahan Keluli	13
	2.2.5 Penyelenggaraan terhadap Tiang Keluli	14
2.3	Konkrit Prategasan	15
	2.3.1 Pengenalan	15

2.3.2	Prinsip Asas Konkrit Prategasan	16
2.3.3	Bahan Utama Dalam Konkrit Prategasan	17
2.3.3.1	Tendon Keluli	18
2.3.4	Kelebihan Konkrit Prategasan	19
2.4.5	Kehilangan Prategasan	21
BAB 3	PROSES PEMBINAAN PAPAN TANDA	
3.1	Pengenalan	22
3.2	Peringkat Pembinaan	23
3.2.1	Penyediaan Tapak	23
3.2.2	Struktur Bawah	24
3.2.2.1	Penapak <i>Butterfly Gantries</i>	25
3.2.2.2	Penapak <i>Overhead Gantries</i>	25
3.2.3	Struktur Atas	26
3.3.4	Kerja Luar	31
BAB 4	KAJIAN PERBANDINGAN	
4.1	Pendahuluan	32
4.2	Keselamatan	33
4.2.1	Keselamatan tiang keluli	34
4.2.2	Keselamatan tiang konkrit prategasan	34
4.3	Kekuatan	35
4.3.1	Kekuatan tiang keluli	35
4.3.2	Kekuatan tiang konkrit prategasan	36
4.4	Kebolehkerjaan	36
4.5	Ketahanlasakan	37
4.6	Kebolekhidmatan	37
BAB 5	PENGILANGAN TIANG KONKRIT PRATEGASAN	
5.1	Sejarah ringkas	39

5.2	Ciri-ciri Tiang Konkrit Prategasan	40
	5.2.1 Prinsip Pemutaran Empar	40
	5.2.2 Prinsip Pra-tegasan	41
	5.2.3 Bentuk Keratan Efektif	41
	5.2.4 Pengawetan Steam dan Autoclave	41
5.4	Korponen Utama Tiang	42
	5.4.1 Keluli Kekuatan Sederhana	42
	5.4.2 Tetulang Keluli Kekuatan Tinggi untuk Prategasan	44
	5.4.3 Batu Baur	44
	5.4.4 Simen	45
5.5	Proses Pengilangan Tiang Konkrit Prategasan	45
	5.5.1 Pemeriksaan dan Pengedaran Tiang	49
BAB 6	KESIMPULAN DAN CADANGAN	
6.1	Kesimpulan	50
6.2	Cadangan	51
	RUJUKAN	52

SENARAI RAJAH

No. Rajah	Tajuk	Muka surat
2.1	Struktur papan tanda <i>Overhead Gantries</i>	6
2.2	Struktur papan tanda <i>Butterfly Gantries</i>	7
2.3	Struktur papan tanda tidak piawai	7
2.4	Bentuk-bentuk keratan keluli	12
3.1	Jenis-jenis penapak yang digunakan oleh PLUS Bhd	27
3.2	Struktur bawah papan tanda piawai	28
3.3	Dimensi penapak <i>Butterfly Gantries</i>	29
3.4	Dimensi penapak <i>Overhead Gantries</i>	30
4.1	Kebarangkalian kemalangan dan hubungan antara papan tanda dengan berat kenderaan	33
5.1	Kekuatan konkrit yang dicapai pada suhu yang berbeza dengan menggunakan kaedah pengawetan steam	43
5.2	Proses penenunan sangkar tiang konkrit prategasan	46
5.3	Penarikan tetulang keluli sederhana	46
5.4	Penuangan campuran konkrit ke dalam acuan tiang	47
5.5	Penarikan tetulang keluli	47
5.6	Proses pemutaran empar bagi tiang konkrit prategasan	47
5.7	Masa putaran pengawetan secara steam terhadap tiang konkrit prategasan	48

SENARAI JADUAL

No.Jadual	Tajuk	Muka surat
2.1	Gred konkrit semasa pindahan	18
5.1	Reka bentuk campuran konkrit untuk tiang konkrit prategasan	48

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Pendahuluan

Keluli dan konkrit merupakan dua bahan binaan utama dalam industri pembinaan sejak beberapa dekad yang lalu. Kedua-dua bahan binaan ini masing-masing mempunyai kebaikan dan keburukan dan kadangkala sesuai digabungkan bagi melengkapi antara satu sama lain. Di negara kita, konkrit banyak diguna dalam pembinaan struktur kekal berbanding dengan keluli yang sesuai untuk struktur mudah.

Sejak kebelakangan ini, penggunaan keluli menjadi semakin popular untuk pembinaan yang memerlukan tempoh penyiapan yang cepat. Ini adalah kerana binaan keluli adalah mudah dan senang dibina dan diubahsuai untuk reka bentuk tertentu. Keluli juga mempunyai kawalan kualiti yang seragam dan mudah didapati dari mana-mana kilang keluli. Sebagai contoh, pembinaan Stadium Tertutup Bukit Jalil, Lapangan Terbang Antarabangsa Sepang dan Litar Perlumbaan Sepang mengguna struktur keluli pada sebahagian besar struktur utama.

Keluli juga menjadi bahan utama dalam binaan struktur papan tanda samada sebagai penampang atau tiang penyokong papan tanda piawai di kebanyakan jalan

raya atau lebuh raya utama di Malaysia. Sebagai contoh, lebih daripada 90% bahan binaan struktur papan tanda terbesar milik PLUS Berhad iaitu *Overhead Gantries* dan *Butterfly Gantries* adalah keluli, dan konkrit hanya digunakan sebagai penapak atau asas untuk menampung tiang papan tanda.

Laporan ini membincangkan hasil kajian terhadap bahan alternatif iaitu konkrit pra-tegasan kepada keluli sebagai bahan binaan struktur tiang papan tanda di Malaysia. Penggunaan konkrit pra-tegasan sebagai tiang papan tanda didapati boleh menghasilkan keupayaan yang setanding dengan bahan lain seperti keluli, malah ia boleh mengatasi masalah-masalah seperti pengaratan, penyelenggaraan, kos keseluruhan binaan dan penyelenggaraan dan boleh meningkatkan faktor keselamatan di jalan raya secara umumnya.

1.2 Kenyataan Masalah

Pengaratan pada keluli merupakan masalah utama pada struktur papan tanda terutama apabila terdedah kepada pencemaran alam sekitar yang teruk. Di Malaysia, hujan lebat yang kerap dengan kandungan asid yang tinggi mempercepatkan lagi proses pengaratan. Tiang keluli yang dilindungi dengan lapisan cat atau lapisan zink juga didapati mengalami kegagalan akibat pengaratan. Ini menunjukkan bahawa penyenggaraan yang lebih berkesan diperlukan bagi tiang papan tanda keluli. Di samping itu, penyenggaraan tiang keluli yang lebih lama memerlukan kos lebih tinggi.

Teknologi moden yang dihasilkan pada hari ini dan penggunaan bahan keluli yang semakin meningkat dalam semua sektor, boleh menyebabkan permintaan bahan keluli meningkat dan sekaligus menyebabkan harga keluli akan meningkat pada masa hadapan. Para jurutera, pemaju dan kontraktor binaan tempatan juga menjangka pengeluaran hasil keluli tempatan yang semakin berkurangan akan

menyebabkan harga keluli akan meningkat. Dengan ini, penggunaan bahan keluli sepatutnya dikurangkan untuk mengatasi masalah bekalan yang mungkin berlaku pada masa hadapan.

Konkrit ialah bahan binaan yang mempunyai nilai ekonomi yang baik dan juga mudah diperolehi. Ia juga lebih tahan lasak dan tidak memerlukan penyenggaraan berkala yang kerap sepertimana keluli. Oleh itu, kajian menggantikan tiang keluli kepada tiang konkrit pra-tegasan bagi papan tanda piawai di Malaysia adalah perlu dan boleh mengurangkan kos bahan dan penyenggaraan.

1.3 Skop Kajian

Skop kajian ini ialah meliputi menilai semula amalan semasa reka bentuk tiang papan tanda keluli dan membuat cadangan penggunaan tiang konkrit pra-tegasan sebagai pilihan alternatif untuk mengatasi masalah-masalah yang telah dikenalpasti. Ia juga akan melihat daripada aspek kekuatan, ketahananlasakan, kebolehkerjaan dan ekonomi kedua-dua bahan iaitu keluli dan konkrit pra-tegasan sebagai kajian perbandingan. Kajian ini hanya memberi fokus kepada tiang keluli keratan rongga yang berdiameter 406 mm dan keatas.

1.4 Objektif Kajian

Objektif kajian ialah untuk menilai keupayaan tiang keluli yang sediaada dan melihat kemungkinan menggantikan dengan tiang konkrit pra-tegasan supaya dapat mengurangkan kos bahan binaan dan juga kos penyenggaraan yang semakin meningkat.

BAB 2

KAJIAN LITERATUR

2.1 Pengenalan

Papan tanda merupakan elemen penting dalam struktur jalan raya. Ia melibatkan sebahagian besar kos pembinaan. Ia mempunyai peranan yang besar kepada pengguna jalan raya selain daripada keselesaan jalan raya itu sendiri. Papan tanda meliputi berbagai fungsi termasuk papan tanda pengiklanan, pandu arah, penyampai maklumat atau lain-lain lagi. Dalam kajian ini, perbincangan akan diberikan kepada papan tanda pandu arah terutamanya yang digunakan oleh PLUS.

Papan tanda yang terdapat di dalam negara kita ini secara umum boleh dikelaskan kepada dua kategori iaitu:

1. Papan Tanda Piawai
2. Papan Tanda Tidak Piawai

2.1.1 Papan Tanda Piawai

Papan tanda jenis ini disyaratkan supaya mematuhi garis panduan yang telah dikeluarkan di dalam kod amalan yang telah disediakan oleh pihak berkuasa seperti *Outdoor Advertising Association of America* (OAAA) untuk penggunaan di USA, Lembaga Lebuh raya Malaysia (LLM) dan Jabatan Kerja Raya (JKR) bagi penggunaan papan tanda di Malaysia.

Papan tanda yang dimiliki oleh syarikat PLUS BERHAD pada masa ini menggunakan beberapa kod amalan seperti:

1. Piawaian British (BS 873) dari segi aspek Kualiti
2. Manual Isyarat Lalu Lintas terbitan H.M.S.O London
3. Sistem Penandaan Lebuh raya (T1) – Panduan dan Reka bentuk Manual, LEMBAGA LEBUH RAYA MALAYSIA (LLM)
4. LLM Teknikal. Memo. Bahagian 1, Jilid 1 Isyarat dan Papan Tanda – 1986
5. Manual Rancangan Kawalan Lalu lintas – Isyarat Lalu lintas Piawai, JABATAN KERJA RAYA (JKR), 1985- Arahan Teknik (Jalan) 2A/85.
6. Manual Rancangan Kawalan Lalu lintas- Aplikasi Isyarat Lalu lintas, JABATAN KERJA RAYA (JKR), 1985- Arahan Teknik (Jalan) 2A/85

Antara perkara yang dititikberatkan di dalam kandungan kod amalan ini termasuk:

- i. Saiz
- ii. Reka bentuk
- iii. Kaedah binaan
- iv. Nilai-nilai estetika
- v. Lokasi kedudukan struktur papan tanda

vi. Penyelenggaraan terhadap papan tanda

Dengan adanya kod amalan ini, semua pemilik struktur papan tanda di negara kita diharapkan supaya mengikuti keseluruhan syarat-syarat yang telah terkandung di dalam kod amalan itu, kerana bimbang jika ada kecuaiian yang sengaja atau tidak sengaja dilakukan kepada struktur papan tanda ini, ia akan menyebabkan kecelakaan jalan raya dan menimbulkan situasi yang membahayakan malahan boleh meragut nyawa pengguna-pengguna jalan raya dan lebuhraya ini.



Rajah 2.1 : Struktur papan tanda *Overhead Gantries*



Rajah 2.2 : Struktur papan tanda *Butterfly Gantries*



Rajah 2.3 : Struktur papan tanda tidak piawai.

Kajian ini hanya mempertimbangkan papan tanda piawai jenis *Butterfly* dan *Overhead Gantries* milik PLUS Berhad (Rajah 2.1 dan Rajah 2.2). Pemilihan ke atas struktur papan tanda ini adalah berdasarkan kepada beberapa factor seperti:

- i. Saiz dan reka bentuk yang besar
- ii. mempunyai nilai-nilai estetika (rupa bentuk) yang menarik
- iii. kaedah pembinaan ke atas struktur papan tanda adalah tidak rumit
- iv. kedudukan atau lokasi paparannya sesuai dengan tempat di mana ia perlu diletakkan seperti di persimpangan ke sesuatu kawasan
- v. Menyampaikan mesej dan maklumat dengan sungguh berkesan kepada pengguna-pengguna lebuh raya supaya mendapatkan perkhidmatan yang disediakan seperti perhentian rehat, restoran, stesen minyak dan kawasan rekreasi serta lain-lain lagi

2.1.2 Papan Tanda Tidak Piawai

Papan tanda tidak piawai adalah papan tanda yang lebih kecil sedikit ukuran dimensinya daripada papan tanda piawai, tetapi tidak mempunyai saiz dan bentuk yang tetap. Logikinya, papan tanda ini selalunya digunakan oleh para peniaga atau syarikat-syarikat perniagaan besar sebagai media pengiklanan untuk mempromosi dan melariskan barangan atau perkhidmatan mereka.

Papan tanda jenis tidak piawai tidak diberi tumpuan yang lebih di dalam kajian tesis ini kerana pada asasnya papan tanda ini:

- i. mempunyai berbagai-bagai rupa dan bentuk
- ii. tidak memerlukan penyelenggaraan rapi oleh pemiliknya
- iii. boleh dilihat oleh orang perseorangan bagi tujuan persendirian
- iv. saiz dan reka bentuknya bergantung kepada kehendak atau cita rasa pemilik itu sendiri
- v. diperbuat daripada bahan-bahan yang mudah didapati seperti kayu, keluli, kertas, bahan elektronik, kain dan lain-lain lagi.

Dengan ciri-ciri yang dinyatakan di atas, satu rumsan boleh dibuat iaitu adalah tidak ekonomi dan tidak praktikal jika papan tanda tidak piawai ini dijadikan bahan kajian di dalam penulisan kajian ini, memandangkan kepada bentuk struktur papan tanda itu yang mempunyai pelbagai bentuk dan saiz yang berubah-ubah.

2.2 Struktur Tiang Keluli

2.2.1 Penggunaan keluli dalam industri

Keluli adalah salah satu daripada bahan binaan yang paling kerap digunakan di dalam industri pembinaan di negara kita. Selain daripada itu, keluli juga banyak digunakan di dalam industri perkilangan, pembuatan senjata, barangan perhiasan, perabot, malah keluli juga telah menjadi sangat penting kepada industri petroleum untuk dijadikan sebagai struktur pelantar cari gali minyak.

Kekuatan keluli telah terbukti dengan kemampuannya untuk menjadi stesen pelancar kapal angkasa kepada negara-negara yang bergiat di dalam bidang ini. Justeru itu dengan kenyataan-kenyataan ini, jelas menunjukkan bahawa keluli sangat meluas penggunaannya bukan sahaja kepada sector industri-industri, malah kepada individu perseorangan juga dengan tercipta kenderaan-kenderaan pengangkutan.

Industri pembinaan selalu menggandingkan bahan keluli dengan konkrit bagi membina sesuatu struktur pembinaan. Kadangkala kedua-dua bahan ini saling menandingi antara satu sama lain agar struktur yang sama jenis dan fungsinya dapat dibina dengan menggunakan salah satu daripada dua bahan ini.

Sebelum keluli boleh digunakan di dalam industri pembinaan, keluli mesti dikilangkan dalam keadaan yang dikawal rapi serta sifatnya ditentukan di dalam sebuah makmal dan diperihalkan dalam sijil pengilang.

Oleh itu pereka bentuk hanya perlu menentukan agar keluli tersebut dapat mematuhi piawaian yang berkaitan. Penyeliaan jurutera tapak pula hanya terhad kepada kualiti atau mutu kerja sambungan di antara anggota-anggota keluli sahaja ketika struktur pembinaan sedang dijalankan.

Boleh dikatakan bahawa keluli sebelum dikeluarkan dari kilang, ianya terpaksa melalui ujian-ujian kualiti bahan yang ketat, tetapi selepas sahaja keluar daripada kilang, pereka bentuk hanya perlu memberi perhatian kepada reka bentuk sambungan setiap anggotanya sahaja.

Disebabkan oleh perkara inilah, yang menyebabkan ianya menjadi faktor penting mengapa keluli sangat popular daripada bahan-bahan pembinaan yang lain.

2.2.2 Kandungan Keluli

Keluli terdiri daripada lebih kurang 98% besi dengan elemen-elemen pengaloiian utama seperti karbon, silicon dan mangan. Kuprum dan kromium dimasukkan ke dalam campuran keluli untuk menghasilkan keluli rintangan cuaca yang tidak memerlukan perlindungan karat tetapi, perhatian harus diberikan kepada kos untuk mencampurkan bahan-bahan tambah ini yang sangat tinggi.

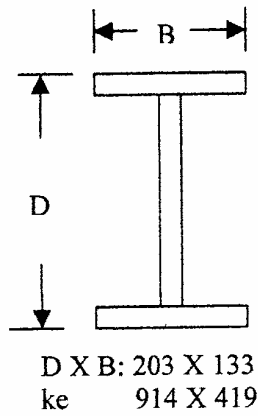
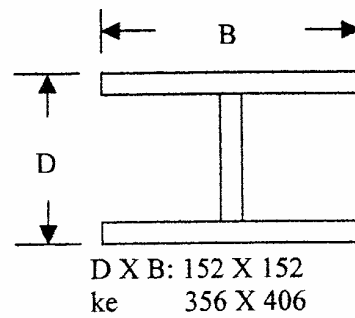
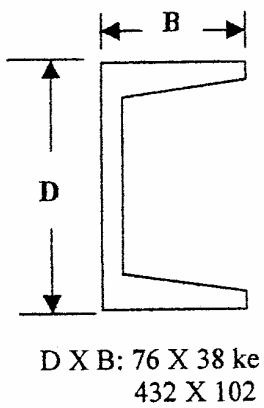
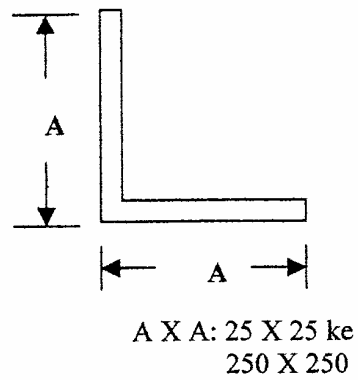
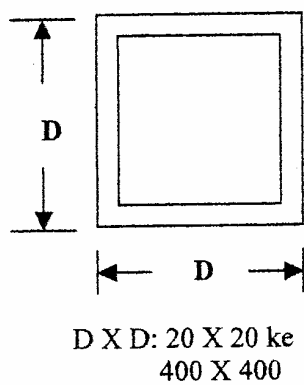
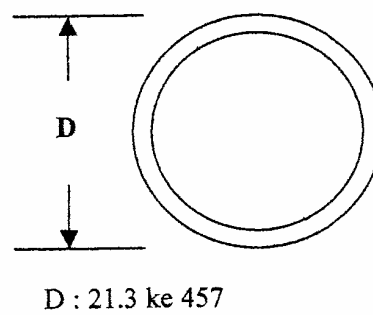
Selain daripada itu, bahan-bahan aloi yang lain juga turut ditambahkan ke dalam campuran keluli mengikut kadar yang tertentu bagi meningkatkan keupayaan keluli, misalnya keupayaan terhadap ketahanan pengaratan, kesan haba, keretakan dan juga kekuatan.

Keluli yang dikeluarkan dari kilang-kilang keluli biasanya terdapat dalam 3 gred kekuatan : 43, 50 dan 55. Gred kekuatan keluli pada struktur papan tanda jenis *Overhead* dan *Butterfly Gantries* yang terdapat di lebuh raya milik PLUS Berhad, adalah dari jenis gred 43A iaitu keluli berkekuatan sederhana.

2.2.3 Ciri-ciri Keluli

Pihak pengilang keluli mesti memastikan agar keluli keluaran mereka dapat disesuaikan dengan BS 4360: *Keluli-keluli Struktur Boleh Kimpal*. Rajah 2.5 menunjukkan bentuk-bentuk keratan keluli yang ada dikeluarkan oleh pihak pengilang.

Kekuatan terikan dan tahap kekerasan keluli bergantung kepada kuantiti karbon, iaitu bahan aloi utama di dalam pembentukan keluli. Selain itu, antara sifat keluli struktur yang mustahak untuk diketahui adalah kekuatan, kemuluran, rintangan hentaman dan kebolehkimpalan.

Rasuk SemestaTiang SemestaSaluranSesiku SamaKeratan Geronggang Segiempat SamaKeratan Geronggang Bulat

Rajah 2.4 : Bentuk-bentuk keratan keluli

2.2.4 Penyelenggaraan Terhadap Bahan Keluli

Keluli yang digunakan mesti memerlukan beberapa langkah pencegahan untuk memberikan perlindungan terhadap keluli dengan kaedah-kaedah seperti (Mc Ginley dan Ang, 1991):-

- a) Sistem semburan dengan bahan seperti gentian mineral (*mineral fibres*), *vermiculite*, *gypsum*, simen dan simen cair (*cement slurry*)
- b) Menggunakan lapisan *intumescent coatings* seperti cat dan mastics yang akan mengembang apabila panas dan membentuk suatu penebat haba yang menjadi pelindung kepada keluli.
- c) Memasangkan perlindungan kukuh (*solid encasement*) dengan menggunakan batu-bata atau blok-blok konkrit, konkrit biasa atau bertetulang dan lain-lain.
- d) Memasangkan kotak pelindung (*boarded encasement*) pada keluli struktur dengan bahan-bahan seperti gentian fiber, *vermiculite*, *gypsum*, bahan plaster dan lain-lain.

Antara kaedah-kaedah ini, sistem pemasangan kekotak dan penyemburan paling banyak digunakan kerana ianya lebih cepat dan senang. Untuk kaedah lain pula, ianya memerlukan kemahiran dan kepakaran yang lebih untuk melakukan kaedah-kaedah perlindungan ini. Pihak PLUS Bhd menggunakan 2 daripada kaedah-kaedah perlindungan ini iaitu kaedah system penyemburan dan *intumescent coatings* dalam mereka bentuk papan tanda milik mereka.

PLUS Berhad telah menetapkan bahawa, semua struktur-struktur yang diperbuat daripada bahan keluli milik mereka perlu dijaga dan diselenggarakan dengan cermat dan baik mengikut kod-kod amalan yang dimiliki oleh mereka.

2.2.5 Penyelenggaraan Terhadap Tiang Keluli Papan Tanda

Oleh kerana skop kajian ini hanya tertumpu kepada tiang keluli papan tanda sahaja, maka huraian seterusnya hanya melibatkan struktur tiang sahaja. Ini kerana kod-kod amalan yang digunakan oleh PLUS Berhad mengandungi banyak perkara dan peraturan yang melibatkan penyelenggaraan terhadap papan tanda seperti penapak, tiang, purlin, sambungan, warna dan jenis plat.

Tiang keluli pada papan tanda haruslah dilindungi daripada pengaratan dengan mematuhi saranan daripada BS 5493 dan saranan-saranan yang berikut :-

- 1) Permukaan luaran tiang dan permukaan dalaman dan luaran penapak seharusnya dibersihkan dengan teliti menurut piawaian BS4232
- 2) Permukaan luaran tiang di atas permukaan tanah harus dikenakan dua lapisan fabrikasi *zinc chromate primer* yang dibenarkan dan diikuti satu lapisan *micaceous iron oxide paint* dengan warna selain daripada warna kelabu. Selepas pendirian papan tanda, lapisan tiang seharusnya dikenakan lagi lapisan cat *micaceous iron oxide* atau *long oil alkyd*. Lapisan akhir seharusnya berwarna kelabu eksekutif.
- 3) Permukaan tiang yang bersambung dengan konkrit, seharusnya tidak diwarnakan, disalutkan atau 'diminyakkan' tetapi diberus dengan berus dawai sebelum pendirian struktur.
- 4) Permukaan luaran yang bersentuh dengan tanah dan permukaan dalam penapak seharusnya disalutkan dengan *zinc chromate primer* diikuti dengan tiga lapisan cat hitam berbitumen menurut piawaian BS 3416.

Disebabkan oleh kerja-kerja penyelenggaraan ini, maka secara tidak langsung telah menyebabkan peningkatan kepada kos keseluruhan pembinaan papan tanda. Peningkatan kos ini menyebabkan penggunaan keluli struktur, kurang kompetitif berbanding dengan konkrit konvensional apabila kriteria ekonomi dipertimbangkan oleh pihak pemilik.

2.3 Konkrit Prategasan

2.3.1 Pengenalan

Konkrit pra-tegasan bukanlah merupakan teknologi baru yang ada di dalam industri pembinaan. Di Malaysia, penggunaan konkrit prategasan mungkin tidak popular sepertimana konkrit bertetulang atau konkrit konvensional, tetapi ia sudah berkembang sejak awal kurun ke-20 di negara-negara lain di dunia.

Konkrit prategasan pada waktu ini telah disesuaikan kepada konkrit bertetulang kerana mempunyai peranan yang sama untuk menanggung beban-beban struktur. Selain itu, penggunaan konkrit prategasan kepada struktur lain telah dikaji oleh pengkaji terdahulu dan berkembang sehingga ke hari ini.

Dalam tahun 1872, prinsip prategasan telah diperkenalkan buat pertama kalinya kepada konkrit oleh P.H.Jackson, seorang jurutera dari California, USA. Ciptaan yang beliau patenkan merupakan penggunaan rod pengikat keluli yang diketatkan kepada blok-blok konkrit yang berasingan untuk membina rasuk atau gerbang.

Kemudian diikuti dengan beberapa nama tokoh-tokoh utama yang berusaha gigih untuk mengembangkan teknologi konkrit prategasan ini seperti C. W. Doehring dari Jerman (1888), jurutera dari Perancis Eugene Freyssinet (1926), Prof. G. Magnel dari Belgium yang terkenal dengan system Magnel, Y. Guyon dari Perancis, P. W. Abeles dari England yang memperkenalkan system prategasan separa, F. Hoyer Leonhardt dari Jerman, V. Mikhailov dari Rusia dan T. Y. Lin dari USA (Lin dan Burn, 1982). Mereka telah memberi sumbangan yang besar dan bermakna terhadap seni dan sains reka bentuk konkrit pra-tegasan.

Adalah dijangkakan bahawa pada masa akan datang, bahan seperti keluli akan menjadi mahal dan susah didapati. Oleh itu jurutera pasti akan mempertimbangkan aspek ekonomi semasa merekabentuk struktur keluli.

Untuk itu, konkrit prategasan merupakan alternatif terbaik. Ini kerana secara umumnya, struktur konkrit prategasan menggunakan bahan keluli yang kurang berbanding dengan konkrit bertetulang atau konkrit konvensional (20% ke 25% pengurangan keluli)

Ini juga tidak bermakna kaedah pembinaan dan reka bentuk yang sedia ada terus diabaikan, tetapi konkrit prategasan boleh menjadi pilihan alternatif kepada pemilik-pemilik struktur di Malaysia yang mahu mencuba sesuatu teknologi lama tetapi agak baru diperkenalkan di negara kita.

Penggunaan konkrit prategasan sangat meluas digunakan di dalam pembinaan bangunan tinggi, struktur lepas pantai, struktur takungan air, stesen jana kuasa nuclear, struktur bawah tanah, struktur yang memerlukan rentang yang panjang seperti jambatan, tiang-tiang panjang, cerucuk dan sebagainya.

2.3.2 Prinsip Asas Konkrit Prategasan

Konkrit prategasan adalah konkrit pra-mampat dan didefinisikan sebagai suatu daya pra-mampatan yang dikenakan kepada konkrit untuk menghasilkan tegasan dalaman yang kekal dalam konkrit itu. Ini bermakna daya mampatan awal dikenakan kepada konkrit sebelum ia berkhidmat.

Tujuan prategasan ialah untuk menimbalkan tegangan tegangan akibat daripada beban keraan yang dikenakan. Tegasan pra-mampatan ini dikenakan pada

bahagian di mana berlaku tegasan tegangan, kerana secara lazim konkrit lebih kuat apabila dikenakan mampatan tetapi, amat lemah apabila dikenakan daya tegangan.

Di dalam konkrit prategasan, bar keluli yang dikenali sebagai *tendon* dikenakan daya pra-mampatan bagi mengurangkan atau menghapuskan daya tegangan. Magnitud dan agihan tegasan dalaman ini diperolehi supaya ianya dapat menimbalkan balas tegasan tegangan yang diakibatkan oleh beban luaran kepada darjah yang dikehendaki.

Dengan itu keratan tanpa retak boleh diwujudkan. Dengan kata lain, daya pra-mampatan yang dibekalkan oleh tendon berfungsi menukar konkrit kepada suatu bahan homogen, iaitu kuat dari segi mampatan dan tegangan.

Definisi yang paling sesuai untuk konkrit prategasan diberikan oleh Jawatankuasa Institut Konkrit Amerika (ACI), iaitu:

'Konkrit prategasan ialah konkrit yang telah dikenakan tegasan dalaman mengikut magnitud dan agihan tertentu sehingga tegasan yang timbul daripada bebanan luaran ditimbalkan pada rajah yang dikehendaki.'

Prategasan atau penenaan pra-mampatan kepada konkrit ini dapat diperolehi melalui dua cara iaitu, kaedah pra-tegangan (*pre-tension*) atau tegang dahulu dan kaedah pasca-tegangan (*post-tension*) atau tegang kemudian.

2.3.3 Bahan Utama Dalam Konkrit Prategasan

Mengikut kod amalan BS 8110, gred konkrit yang paling minimum yang diperlukan oleh anggota pra-tegangan adalah gred 40 dan anggota pasca-tegang ialah gred 30. Semasa pindahan, iaitu sewaktu penambat dilepaskan, gred konkrit mestilah

melebihi 25 N/mm^2 dan ini boleh dianggarkan dengan berpandukan kepada Jadual 7.1, BS 8110 Part 2 : 1985, iaitu perubahan kekuatan konkrit mengikut umur.

Sebahagian daripadanya diberikan di dalam Jadual 2.1 . Jadual ini sangat berguna untuk menentukan kekuatan konkrit semasa pindahan.

Jadual 2.1: Gred konkrit semasa pindahan

Gred	Kekuatan ciri, f_{cu} (N/mm^2)	Kekuatan kiub pada umur (N/mm^2)				
		7 Hari	2 Bulan	3 Bulan	6 Bulan	1 Tahun
C30	30.0	20.0	33.0	35.0	36.0	37.0
C40	40.0	28.0	44.0	45.5	47.5	50.0
C50	50.0	30.0	54.0	55.5	57.5	60.0

2.3.3.1 Tendon Keluli

Terdapat beberapa jenis tendon keluli prategasan yang terdiri daripada dawai, lembar (*strand*) atau bar aloi (Rajah 2.6). Lembar ialah beberapa utas dawai, biasanya 7 atau 19 utas, yang dipintal bersama heliks. Dalam prategasan prategang, dawai, lembar dan kadang-kadang bar digunakan secara bersendirian, iaitu tidak dikelompokkan.

Tujuannya supaya wujud ikatan langsung antara konkrit dengan tendon tersebut. Untuk kaedah prategasan pasca-tegang pula, menjadi kebiasaan tendon dikumpulkan bersama-sama dan ditegangkan secara serentak bagi tujuan mengurangkan bilangan penambat dan sesalur di samping mengurangkan kehilangan prategasan pasca-tegang yang dikenakan itu.

Kumpulan tendon di dalam satu sesalur disebut sebagai kabel. Spesifikasi mengenai tendon prategasan diberikan di dalam piawaian British seperti berikut:

- i. BS 5896: 1980-*Specification for high tensile steel wire and strand for the prestressing of concrete* (Spesifikasi bagi dawai dan lembar keluli tegangan tinggi untuk memprategaskan konkrit).
- ii. BS 4757: 1971-*Nineteen-wire steel strand for prestressed concrete* (Lembar keluli 19-dawai untuk konkrit prategasan).
- iii. BS 4486: 1980-*Specification for hot rolled and processed high tensile alloy steel bars for the prestressing of concrete* (Spesifikasi bagi bar keluli aloi tegangan tinggi yang digelek panas dan diproses untuk memprategaskan konkrit).

2.3.4 Kelebihan Konkrit Pra-tegasan

Kelebihan-kelebihan konkrit prategasan adalah seperti:

- i. Struktur prategasan merupakan struktur yang telah di pra-uji (*pretested structure*) sebelum menanggung beban. Oleh itu sekiranya terbukti semasa operasi prategasan dijalankan, struktur tersebut tidak gagal, maka boleh diyakini bahawa pada peringkat seterusnya struktur tersebut tidak akan gagal.
- ii. Konkrit dan keluli yang akan digunakan adalah yang kekuatan tinggi. Oleh itu struktur konkrit prategasan didapati lebih lasak.
- iii. Dapat menanggung beban kenaan yang lebih tinggi. Pesongan boleh dikurangkan kerana keseluruhan keratan konkrit yang di pra-mampat itu menanggung beban. Daya prategasan yang sipi kepada sentroid anggota akan menyebabkan pesongan dalam arah tegak yang berlawanan dengan pesongan oleh beban kenaan. Dengan memilih

daya prategasan yang sesuai, pesongan yang disebabkan oleh beban kenaan boleh dikurangkan atau dihapuskan sama sekali.

- iv. Konkrit prategasan amat sesuai untuk struktur yang memerlukan ketelapan atau kalisan air yang tinggi, seperti struktur penahan atau takungan air, atau struktur di dalam persekitaran yang agresif kerana boleh dibuat tanpa retak (*crackless*).
- v. Struktur konkrit yang diprategaskan sepenuhnya adalah struktur tanpa retak di bawah beban khidmat. Keretakan yang berlaku pada struktur prategasan terjadi jika ada pembebanan lebih, tetapi tertutup kembali apabila beban berkurangan.
- vi. Konkrit prategasan menggabungkan keluli dengan konkrit secara aktif. Tendon yang ditegang dan ditambah menyebabkan konkrit telah pun berada dalam tegasan yang tinggi, walaupun beban kerja belum dikenakan lagi.
- vii. Seluruh keratan konkrit prategasan efektif. Oleh itu, untuk sesuatu rentang dan beban yang sama, satu anggota konkrit prategasan yang lebih kecil saiznya boleh digunakan. Ini mengurangkan beban mati (beban sendiri) sesuatu struktur dan boleh menjimatkan kos bahan.
- viii. Masalah pengaratan pada tetulang keluli dapat dikurangkan kerana retakan tidak wujud dan ketahananlasakan konkrit juga tinggi.
- ix. Boleh dibuat secara pratuang dan pengeluaran di kilang dapat menjamin mutu, kualiti serta kos disebabkan pengawalan yang lebih rapi dapat dilakukan di sana.
- x. Struktur prategasan boleh direka bentuk dengan anggota yang berbadan nipis. Ini menjadikannya ringan dan kelebihan ini menjadikan konkrit prategasan sesuai untuk struktur yang berat sendiri menjadi faktor penentu di dalam reka bentuk seperti jambatan yang mempunyai rentang yang panjang.

2.3.5 Kehilangan Prategasan

Kehilangan prategasan merupakan perkara yang mesti diambil kira semasa mereka bentuk konkrit prategasan kerana ia menentukan daya prategasan sebenar. Kehilangan prategasan berlaku semasa tendon dibicu sehingga semasa ia berkhidmat. Ia boleh ditentukan melalui kiraan ataupun dianggarkan melalui pengalaman pereka bentuk.

Biasanya, mengikut pengalaman yang terdahulu, jumlah kehilangan prategasan adalah antara 20% hingga 35% dari daya prategasan awal. Terdapat 2 jenis kehilangan prategasan iaitu kehilangan jangka pendek dan kehilangan jangka panjang. Kehilangan jangka pendek biasanya berlaku sangat cepat iaitu, semasa proses pembuatan atau pemindahan, manakala kehilangan jangka panjang pula berlaku bergantung kepada tempoh dan juga beban kenaan.

Kehilangan-kehilangan jangka panjang adalah seperti santon keluli, pengecutan dan rayapan konkrit. Namun ia masih dapat diatasi dengan prosedur-prosedur rekabentuk yang mengambil kira keadaannya dan ia tidak menjadi masalah yang besar dalam mereka bentuk konkrit prategasan.

BAB 3

PROSES PEMBINAAN PAPAN TANDA PIAWAI

3.1 Pengenalan

Bagi pembinaan struktur papan tanda piawai jenis *Overhead* dan *Butterfly Gantries*, ia mestilah mematuhi peraturan serta spesifikasi yang telah ditetapkan oleh pihak berkuasa seperti yang dinyatakan di dalam bahagian 2.2.1 Bab 2. Semua keperluan bagi kaedah dan teknik pembinaan papan tanda ada dinyatakan secara terperinci di dalam piawaian tersebut.

Sebelum memulakan sesuatu kerja pembinaan struktur papan tanda, kontraktor pembinaan perlu menyediakan pelan perancangan kerja yang lengkap bagi melancarkan perjalanan kerja di tapak.

3.2 Peringkat Pembinaan

Peringkat pembinaan struktur papan tanda pada asasnya boleh dibahagikan kepada 4 peringkat pembinaan iaitu:

1. Penyediaan Tapak,
2. Struktur Bawah,
3. Struktur Atas dan,
4. Kerja-kerja Luar.

3.2.1 Penyediaan Tapak

Sebelum aktiviti penyediaan tapak dilakukan, kerja penyiasatan tanah dilakukan bagi mendapatkan maklumat tanah sebenar berdasarkan BS 5930:1981. Maklumat tanah yang tepat diperlukan bagi menyediakan reka bentuk struktur papan tanda yang selamat dan ekonomi di samping memenuhi keperluan-keperluan sebelum sesuatu pembinaan dapat dijalankan.

Tujuan utama penyiasatan tanah adalah:

- Untuk menentukan urutan ketebalan dan keluasan sisi sesuatu lapisan tanah dan aras batuan dasar, sekiranya perlu
- Untuk memperolehi sampel-sampel yang mewakili tanah (dan batuan) untuk tujuan mengenal pasti dan pengelasan jika perlu, dan digunakan di dalam ujian makmal bagi menentukan parameter-parameter tanah yang sesuai,
- Untuk mengenalpasti keadaan air bumi sesuatu lapisan tanah.

Pemilihan jenis asas atau penapak yang sesuai untuk sesuatu struktur papan tanda adalah berdasarkan keputusan ujian tanah yang sebenar.

Maklumat daripada hasil penyiasatan tanah diperlukan oleh jurutera reka bentuk struktur pembinaan papan tanda bagi menentukan beberapa perkara seperti:

- Kestabilan cerun dalam kerja-kerja membenteng (menahan atau menjermang tanah) dan dalam kerja-kerja korekan tanah.
- Keupayaan galas tanah dan enapan yang mungkin berlaku pada struktur penapak papan tanda.
- Tekanan tanah terhadap struktur penyokong papan tanda.
- Kesan daripada tindakan bahan kimia yang kuat di dalam tanah terhadap bahan binaan struktur penapak.

Struktur papan tanda yang kecil atau tidak piawai tidak memerlukan kerja penyiasatan tanah untuk menjimatkan kos, tetapi untuk pembinaan struktur papan tanda piawai (besar), proses penyiasatan tanah mungkin melibatkan kos 1-5% daripada kos keseluruhan pembinaan struktur papan tanda.

3.2.2 Struktur Bawah

Struktur bawah pada papan tanda ialah termasuk semua bahagian struktur yang terletak di bawah aras permukaan tanah. Antaranya ialah asas (penapak), tunggul tiang, rasuk bumi dan lapisan teras. Rajah 3.2 menunjukkan jenis-jenis penapak yang digunakan oleh PLUS Bhd.

Penapak berfungsi untuk memindahkan beban struktur kepada tanah di bawahnya (Rajah 3.3). Umumnya, kestabilan sesuatu struktur bergantung kepada kestabilan penapak.

Saiz dan reka bentuk penapak adalah berdasarkan tegasan galas tanah daripada analisis keputusan penyiasatan tanah. Pertimbangan reka bentuk yang sewajarnya yang ditentukan oleh penguasa tempatan perlu dipatuhi bagi mengelakkan penapak daripada termendap atau terbenam serta boleh mengakibatkan kerosakan kepada struktur atas papan tanda.

3.2.2.1 Penapak *Butterfly Gantries*

Penapak atau tunggul tiang bagi papan tanda *Butterfly Gantries* mempunyai ukuran seperti di dalam Rajah 3.4. Penapak yang kuat diperlukan untuk menanggung keseluruhan beban struktur papan tanda melalui tiang keluli. Beban yang perlu dipertimbangkan ialah berat sendiri dan beban angin. Struktur papan tanda ini terdiri daripada sebatang tiang keluli yang mempunyai dua plat paparan (sayap).

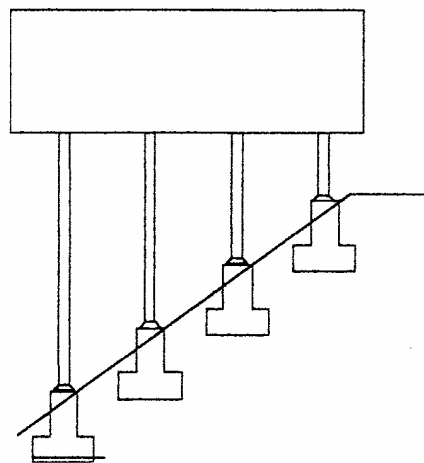
3.2.2.2 Penapak *Overhead Gantries*

Struktur papan tanda *Overhead Gantries* mempunyai dua tiang penyokong yang berada pada jarak yang tertentu. Beban yang perlu dipertimbangkan ialah berat sendiri struktur dan beban angin. Saiz penapak *Overhead Gantries* adalah kecil sedikit berbanding dengan penapak *Butterfly Gantries*. Rajah 3.4 menunjukkan dimensi penapak *Overhead Gantries*.

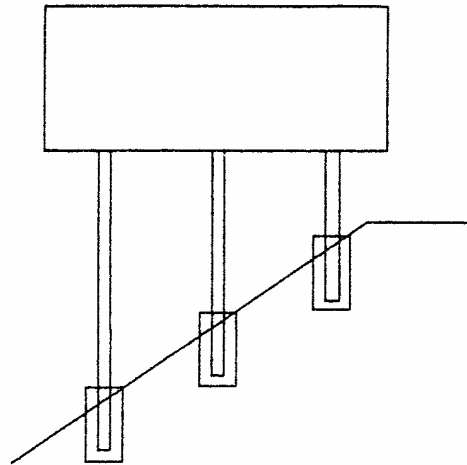
3.2.3 Struktur Atas

Struktur atas meliputi semua komponen yang terletak di atas aras permukaan tanah. Setiap komponen direka bentuk mengikut keperluan dan fungsinya. Oleh itu, terdapat berbagai jenis pilihan reka bentuk bagi setiap komponen binaan. Pemilihan jenis reka bentuk dan kaedah binaan yang sesuai bagi setiap komponen adalah berdasarkan faktor-faktor seperti berikut:

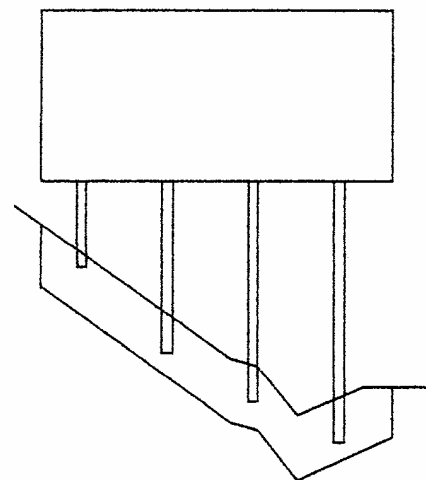
- i. Kos yang telah diperuntukkan
- ii. Kepakaran pekerja
- iii. Jangka masa penyiapan
- iv. Bekalan bahan serta loji.



Penapak untuk kawasan tebing jalan

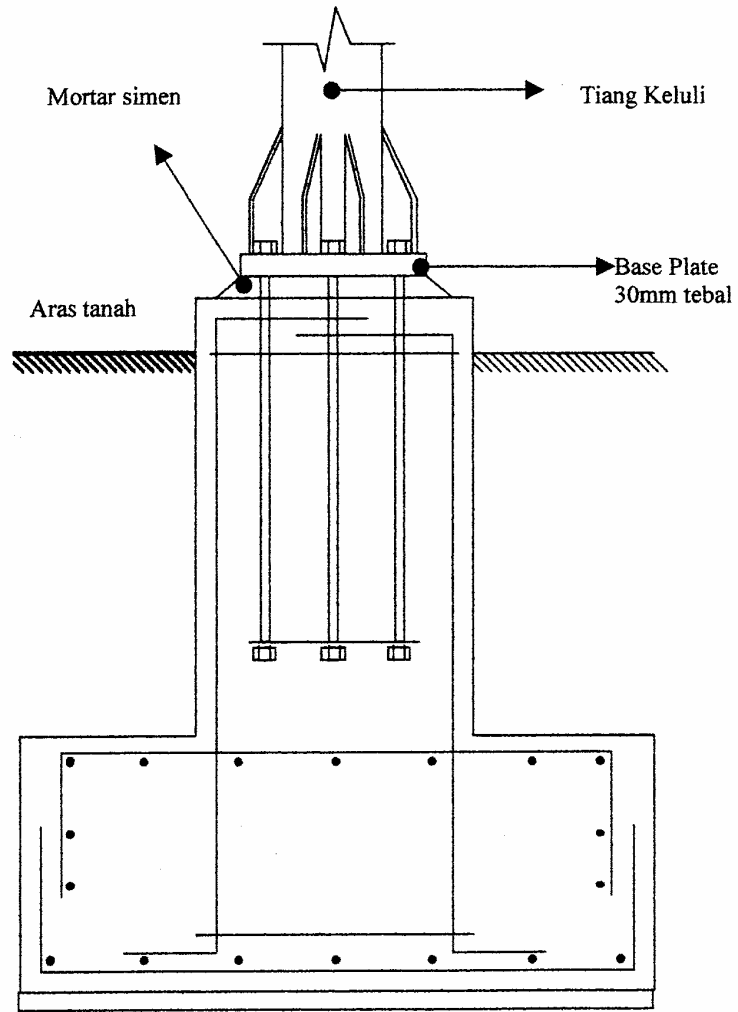


Penapak untuk papan tanda biasa

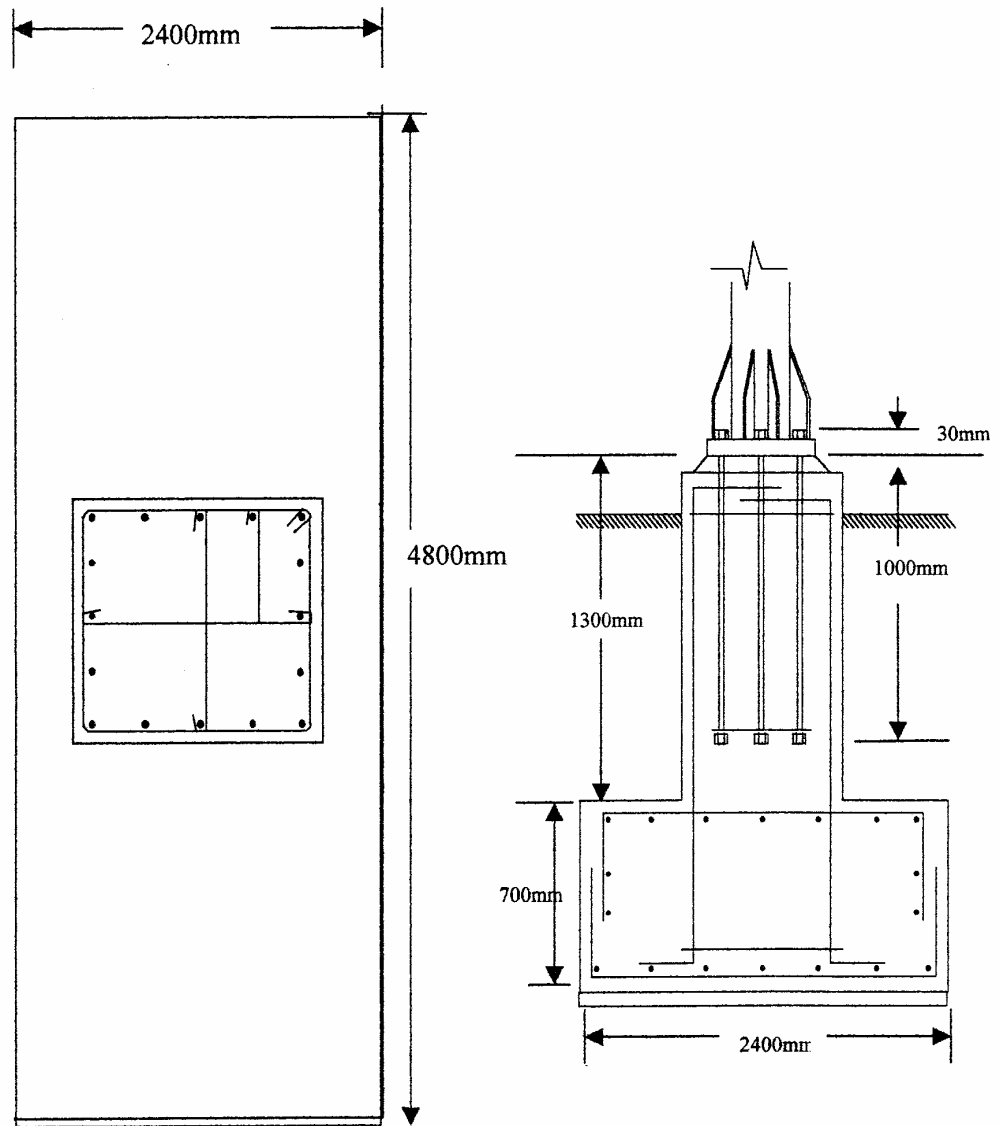


Penapak untuk kawasan tepi bukit

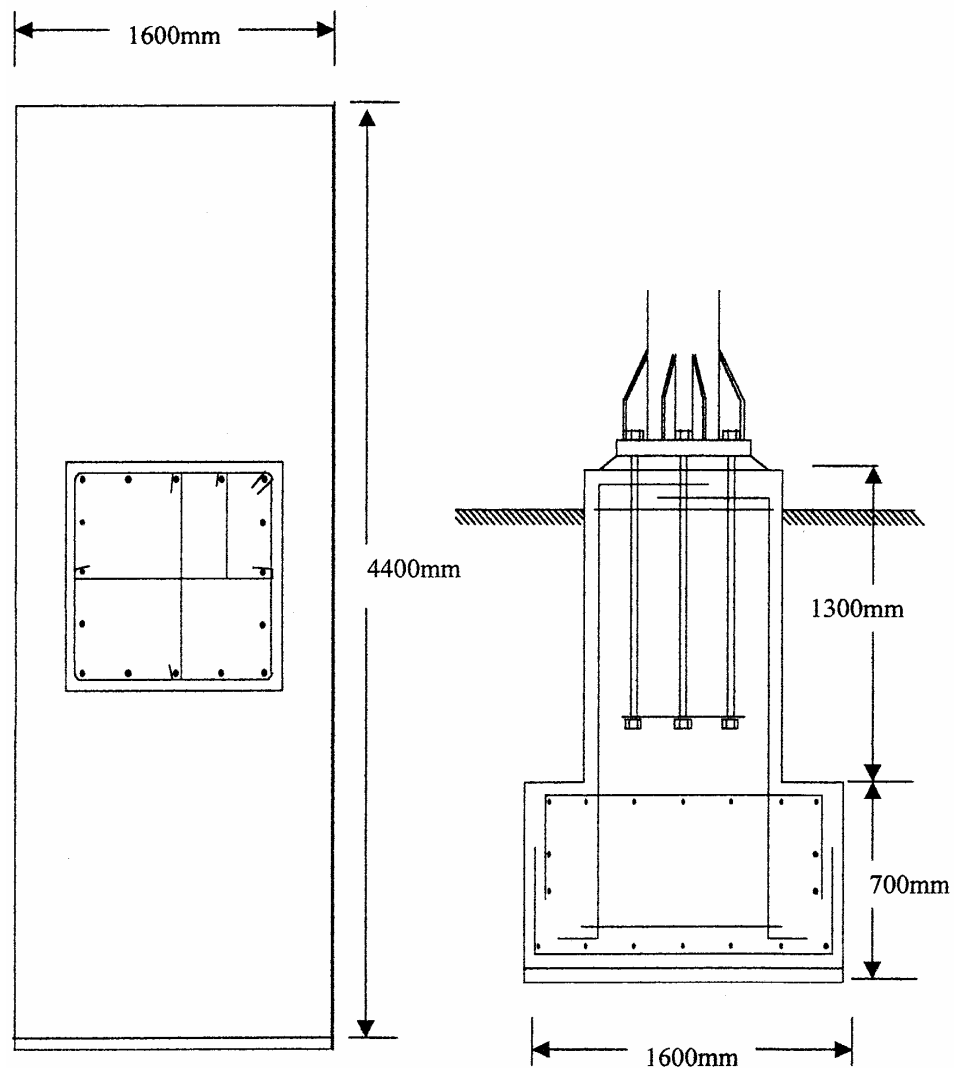
Rajah 3.1: Jenis penapak yang digunakan oleh PLUS Bhd



Rajah 3.2: Struktur bawah papan tanda piawai



Rajah 3.3: Dimensi penapak *Butterfly Gantries*



Rajah 3.4: Dimensi penapak *Overhead Gantries*

Plat paparan papan tanda, Gulung-gulung (*purlin*) dan tiang penyokong merupakan struktur atas bagi sesebuah papan tanda. Semua komponen-komponen utama papan tanda ini perlu diberikan penyelenggaraan yang rapi untuk mengelakkan daripada berlaku kerosakan dan hilang ciri keselamatan dan nilai estetikanya.

3.2.4 Kerja Luar

Kerja-kerja luar bagi proses pembinaan papan tanda adalah seperti menampal simbol, logo atau isyarat pada plat paparan, mengecat keseluruhan struktur keluli seperti tiang penyokong, purlin serta plat paparan, membina longkang, memasang lampu pada layar papan tanda jika perlu dan membuat lanskap bagi papan tanda.

Kerja luar secara am dikenali sebagai kerja-kerja kemas. Bahagian ini tidak kurang penting bagi melengkapkan fungsi sesuatu struktur pembinaan, terutamanya pada papan tanda piawai. Ini boleh memberikan pemandangan serta memberi keselesaan kepada pengguna jalan raya.

Kerja-kerja luar biasanya dilakukan di peringkat akhir proses pembinaan. Ini bertujuan supaya kelancaran kerja luar tidak terjejas dan terganggu semasa kerja-kerja pembinaan sedang dilakukan.

BAB 4

KAJIAN PERBANDINGAN

4.1 Pendahuluan

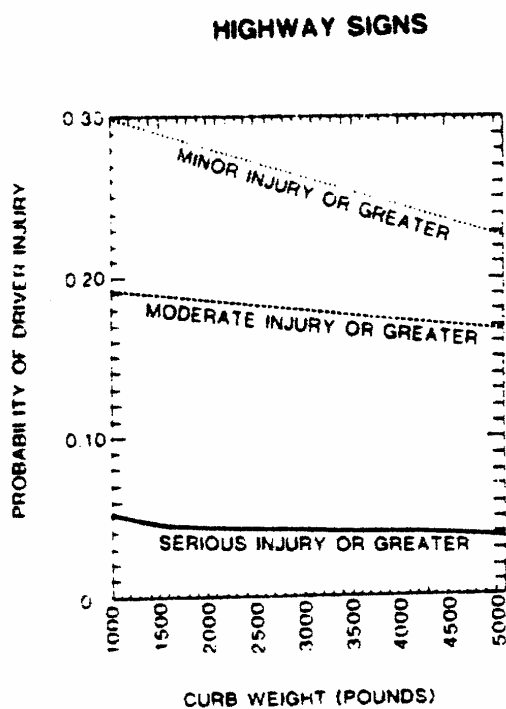
Kajian dilakukan dengan membuat analisis perbandingan di antara tiang keluli dengan tiang konkrit prategasan. Analisis dilakukan dengan mengambil lima faktor utama iaitu:

- a. Keselamatan
- b. Kekuatan
- c. Kebolehkerjaan
- d. Ketahananlasakan
- e. Kebolehhidmatan

4.2 Keselamatan

Woods (1983) mencadangkan satu kajian yang lebih mendalam perlu dilakukan terhadap kesesuaian tiang penyokong papan tanda terhadap keselamatan pengguna jalan raya. Kajian beliau mendapati, kadar kemungkinan untuk sesebuah kenderaan pengangkutan ringan mengalami kemalangan dengan papan-papan tanda adalah sangat tinggi. Lihat Rajah 4.1. Malah kadar kerosakan yang dialami kenderaan selepas pelanggaran juga tinggi.

Berdasarkan kajian beliau, tiang penyokong papan tanda mestilah bersaiz paling kecil supaya dapat memberi keselamatan yang penuh kepada pengguna jalan raya.



Rajah 4.1 : Kebarangkalian kemalangan dan hubungan antara papan tanda dan berat kenderaan

4.2.1 Keselamatan tiang keluli

Diameter tiang penyokong untuk kedua-dua papan tanda jenis *Overhead* dan *Butterfly Gantries* ialah $\text{\O} 406.4$ mm (16'inci). Ini adalah saiz tiang keluli yang paling besar yang digunakan oleh PLUS Bhd. (Rujuk Lampiran 3). Oleh itu, saiz tiang yang besar boleh menyebabkan risiko semasa pelanggaran antara kenderaan dengan tiang papan tanda tinggi. Ini boleh menyebabkan berlakunya kematian kepada pemandu dan kerosakan yang teruk terhadap struktur papan tanda.

Oleh kerana bahan yang digunakan ialah keluli, kerosakan papan tanda yang serius boleh berlaku seperti tiang keluli melengkok akibat daya hentaman oleh kenderaan. Ini merupakan satu kelemahan utama keluli. Untuk menyelesaikan masalah ini, struktur papan tanda yang rosak teruk perlu digantikan dengan struktur yang baru. Ini melibatkan kos tambahan yang besar.

Ini menunjukkan tiang keluli struktur papan tanda yang digunakan pada masa ini boleh menyebabkan risiko yang tinggi kepada kenderaan pengangkutan ringan serta boleh melengkok dan merosakkan struktur lain pada papan tanda.

4.2.2 Keselamatan tiang konkrit prategasan

Saiz tiang konkrit prategasan yang dipilih untuk dijadikan tiang penyokong papan tanda adalah sekitar $\text{\O}250\text{mm}$ - $\text{\O}350\text{mm}$. Saiz tiang yang dicadangkan ini adalah saiz nominal yang banyak dikeluarkan di kilang-kilang. Dengan mengurangkan saiz diameter tiang, maka risiko kemalangan di antara kenderaan dengan papan tanda boleh dikurangkan.

Disebabkan tiang konkrit prategasan dibuat daripada konkrit yang berkekuatan tinggi (gred 60-80), kerosakan pada anggota struktur papan tanda yang lain juga boleh dikurangkan. Kerosakan terhadap tiang papan tanda tetap ada tetapi tidak serius jika dibandingkan dengan kerosakan yang dialami tiang keluli.

4.3 Kekuatan

Merujuk kepada tiang penyokong pada struktur papan tanda, fungsi tiang bukan setakat menanggung beban struktur sahaja malah perlu menanggung beban angin yang besar. Untuk itu, tiang yang digunakan mestilah berupaya untuk menanggung kedua-dua beban ini.

4.3.1 Kekuatan Tiang Keluli

Tiang keluli yang direka bentuk oleh LLM untuk papan tanda piawai jenis *Overhead* dan *Butterfly Gantries* adalah tiang yang bersaiz besar. Saiz tiang keluli yang besar perlu untuk menanggung beban yang besar.

Tiang keluli yang besar memerlukan bahan keluli yang banyak dan kualiti tertentu, maka kos untuk menyediakan tiang keluli adalah sangat mahal berbanding dengan tiang konkrit prategasan. Disamping itu, melalui temu bual dengan pihak PLUS Bhd, tiang keluli yang besar membimbangkan mereka kemungkinan kerosakan teruk jika tumbang.. Oleh itu, mereka perlu membuat beberapa persediaan tambahan terutamanya dalam situasi ribut dan angin kencang.

4.3.2 Kekuatan tiang konkrit prategasan

Tidak seperti tiang keluli, untuk sesuatu rentang dan beban yang sama, tiang konkrit prategasan yang bersaiz kecil boleh digunakan. Ini boleh mengurangkan beban mati struktur papan tanda dan menjimatkan kos.

Tiang konkrit yang dicadangkan, merupakan tiang yang mempunyai bentuk keratan silinder berongga dengan pra-tegasan yang menghasilkan rintangan momen lentur dan berkekuatan tinggi. Kesan pra-tegasan akan menambah rintangan momen retakan dan lenturan tiang.

Disamping itu, tiang konkrit pra-tegasan didapati sesuai untuk tiang papan tanda *Butterfly Gantries*. Ini disebabkan oleh reka bentuk papan tanda itu yang terdiri daripada sebatang tiang yang mempunyai dua sayap di bahagian atas. Tiang konkrit pra-tegasan yang bersaiz yang lebih kecil didapati mampu menanggung keseluruhan beban struktur papan tanda *Butterfly Gantries*.

4.4 Kebolekerjaan

Dalam konteks pembinaan, kebolekerjaan ialah kesenangan untuk melakukan kerja-kerja pembinaan dan penyelenggaraan. Dari segi penyelenggaraan, pemilihan keluli sebagai bahan utama dalam reka bentuk tiang papan tanda memerlukan penyelenggaraan berkala yang rapi bagi mengelakkan masalah-masalah yang disebabkan oleh sifat bahan keluli seperti pengaratan.

Prosedur atau langkah yang dibuat seperti mengecat, menyadur dan sebagainya menyebabkan peningkatan terhadap kos. Konkrit pra-tegasan tidak memerlukan penyelenggaraan yang kerap sepertimana keluli. Berdasarkan temu bual

yang dijalankan dengan pihak TNB dan Telekom, tiang konkrit pra-tegasan pra-tuang bagi tiang penghantaran bekalan elektrik dan telefon hanya memerlukan penyelenggaraan yang sangat minimum dalam tempoh yang panjang.

4.5 Ketahananlasakan

Struktur papan tanda terdedah kepada perubahan cuaca yang ketara pada sebahagian besar struktur utamanya sepanjang masa. Keluli akan mengalami pengaratan jika terdedah kepada perubahan cuaca. Pengaratan akan berlaku lebih cepat jika berlaku hujan dan panas yang berterusan dan pencemaran udara. Keluli juga merupakan suatu bahan yang alah kepada serangan bahan kimia dan sangat sensitif terhadap bahan-bahan tercemar yang mempunyai berbagai jenis kandungan bahan kimia yang berbahaya. Disamping itu, kerosakan kecil pada tiang keluli boleh menyebabkan proses pengaratan berlarutan dan merebak keseluruhan tiang.

Tiang konkrit pra-tegasan yang dihasilkan melalui proses pemutaran empar akan menghasilkan daya pemadatan yang tinggi terhadap konkrit. Ini juga akan meningkatkan ketumpatan konkrit. Ini akan mengurangkan kemungkinan berlakunya serangan bahan-bahan kimia yang boleh merosakkan tiang konkrit pra-tegasan seperti yang berlaku kepada tiang keluli.

4.6 Kebolehhidmatan

Kebolehhidmatan untuk struktur papan tanda dapat diperhatikan melalui jangka masa keupayaan tiang penyokong papan tanda menanggung struktur itu

sendiri. Kekuatan dan ketahanan lasakan bahan untuk menahan daya-daya tindakan juga banyak mempengaruhi kebolehhidmatan.

Kebolehhidmatan tiang keluli banyak dipengaruhi oleh faktor seperti kegagalan lesu, karat dan mudah melengkok

Struktur papan tanda piawai biasanya menanggung beban angin yang besar. Tiang keluli akan mengalami kegagalan lesu jika dikenakan beban angin yang besar dan berulang-ulang. Ini boleh mengurangkan jangka hayat struktur papan tanda yang menggunakan tiang penyokong keluli.

Tiang konkrit pra-tegasan adalah lebih tegar dan kuat. Oleh itu, ia mampu menanggung beban berulang yang lebih besar. Kegagalan lesu tiang konkrit pra-tegasan tiang mempengaruhi kegagalan muktamad tiang konkrit pra-tegasan

BAB 5

PENGILANGAN TIANG KONKRIT PRA-TEGASAN

5.1 Sejarah Ringkas

Kaedah pengilangan menggunakan daya empar untuk memadatkan konkrit dicipta oleh Hume bersaudara di Australia pada tahun 1920 untuk membuat paip konkrit bertetulang. Pada sekitar tahun 1953, kaedah ini telah diperkenalkan di Amerika Syarikat bagi membuat tiang dan cerucuk konkrit bertetulang. Namun disebabkan kos pengangkutan yang tinggi pada masa itu, maka penggunaannya juga terhad.

Pada tahun 1934, kaedah ini buat pertama kali digunakan di Jepun bagi menghasilkan tiang dan cerucuk berbentuk menirus, dan kemudian diubah dengan diameter seragam selepas itu. Kaedah penghasilan tiang jenis ini diperluas dengan terhasilnya kaedah pengawetan *autoclave* untuk menghasilkan tiang dan cerucuk konkrit pra-tegasan yang berkekuatan tinggi.

Di Malaysia, antara syarikat yang terlibat di dalam sektor perkilangan tiang cerucuk konkrit pra-tegasan ialah seperti ICP (Industrial Concrete Products) BHD, CEPCO (Concrete Engineering Products Bhd) dan Petro-Pipe-Daido Concrete (KL) Sdn Bhd.

5.2 Ciri-ciri Tiang Konkrit Pra-tegasan

5.2.1 Prinsip Pemutaran Empar

Tujuan prinsip pemutaran empar yang digunakan di dalam proses pengilangan tiang konkrit pra-tegasan adalah untuk menghasilkan daya mampatan yang besar bagi memadatkan konkrit dan menyingkirkan air yang berlebihan. Lihat Rajah 5.6

Kesan daripada tindakan pemutaran empar ini akan menyebabkan penurunan nisbah air simen. Tiga sebab utama pengurangan nisbah air simen ke paras yang minimum adalah:-

- a) Adunan simen yang ditambah air sehingga menjadi terlalu cair, cenderung untuk tidak melekat pada permukaan zarah batu baur. Bergantung kepada faktor yang lain, ini akan mengakibatkan kerosakan pada konkrit yang mengeras apabila dikerjakan, hilang kejelekitan atau kemungkinan komponen campuran terpisah.
- b) Lebih besar kadar berlebihan air yang wujud, lebih besar kemungkinan baginya untuk naik ke permukaan konkrit baru. Fenomena ini dikenali sebagai 'jujukan'. Ini membentuk saluran atau liang-liang halus yang sentiasa terbuka selepas konkrit mengeras dan boleh mengurangkan ketahananlasakan konkrit jika terdedah kepada fros atau larutan yang agresif.
- c) Penyejatan berlebihan air meninggalkan liang dalam strutur adunan yang tidak akan dipenuhi dengan pepejal terhidrat. Lebih rendah kadar liang ini, lebih baik perkembangan sifat seperti kekuatan, rintangan calar ketidaktelapan dan ketahananlasakan.

5.2.2 Prinsip Pra-tegasan

Prinsip yang digunakan di dalam proses pembuatan tiang jenis ini adalah berdasarkan kepada prinsip pra-tegasan. Ini kerana tiang konkrit pra-tegasan yang dihasilkan mempunyai momen lentur dan momen retakan yang tinggi. Oleh itu, semasa kerja-kerja pemunggaan dan pengangkutan, keretakan yang serius terhadap batang tiang ini dapat dielakkan pada tahap yang minimum.

5.2.3 Bentuk Keratan Efektif

Tiang konkrit pra-tegasan yang dikilang adalah berbentuk silinder berongga. Bentuk keratan ini membolehkan proses pra-tegasan yang seragam dapat dikenakan terhadap keseluruhan keratan tersebut. Oleh itu reka bentuk tiang konkrit pra-tegasan yang lebih efektif dan ekonomik dapat dihasilkan.

5.2.4 Pengawetan *Steam* dan *Autoclave*

Peningkatan suhu pengawetan konkrit akan meningkatkan kadar pembentukan kekuatan konkrit. Pengawetan *steam* mempercepatkan konkrit untuk mencapai kekuatan awal yang tinggi. Kaedah pengawetan *steam* menggunakan tekanan atmosfera pada suhu di bawah 100°C (212°F).

Objektif utama pengawetan *steam* adalah untuk mendapatkan kekuatan konkrit tinggi lebih awal supaya acuan dapat ditanggalkan secepat yang mungkin. Ini

dapat menjimatkan masa dan ruang. Rajah 5.1 menunjukkan kekuatan konkrit yang dapat dicapai pada suhu yang berbeza dengan menggunakan kaedah pengawetan *steam*.

Pengawetan *autoclave* ialah pengawetan tiang selepas proses pengawetan *steam* di dalam suhu dan tekanan yang lebih tinggi supaya konkrit dapat mencapai kekuatan reka bentuknya dalam masa yang singkat.

5.4 Komponen Utama Tiang

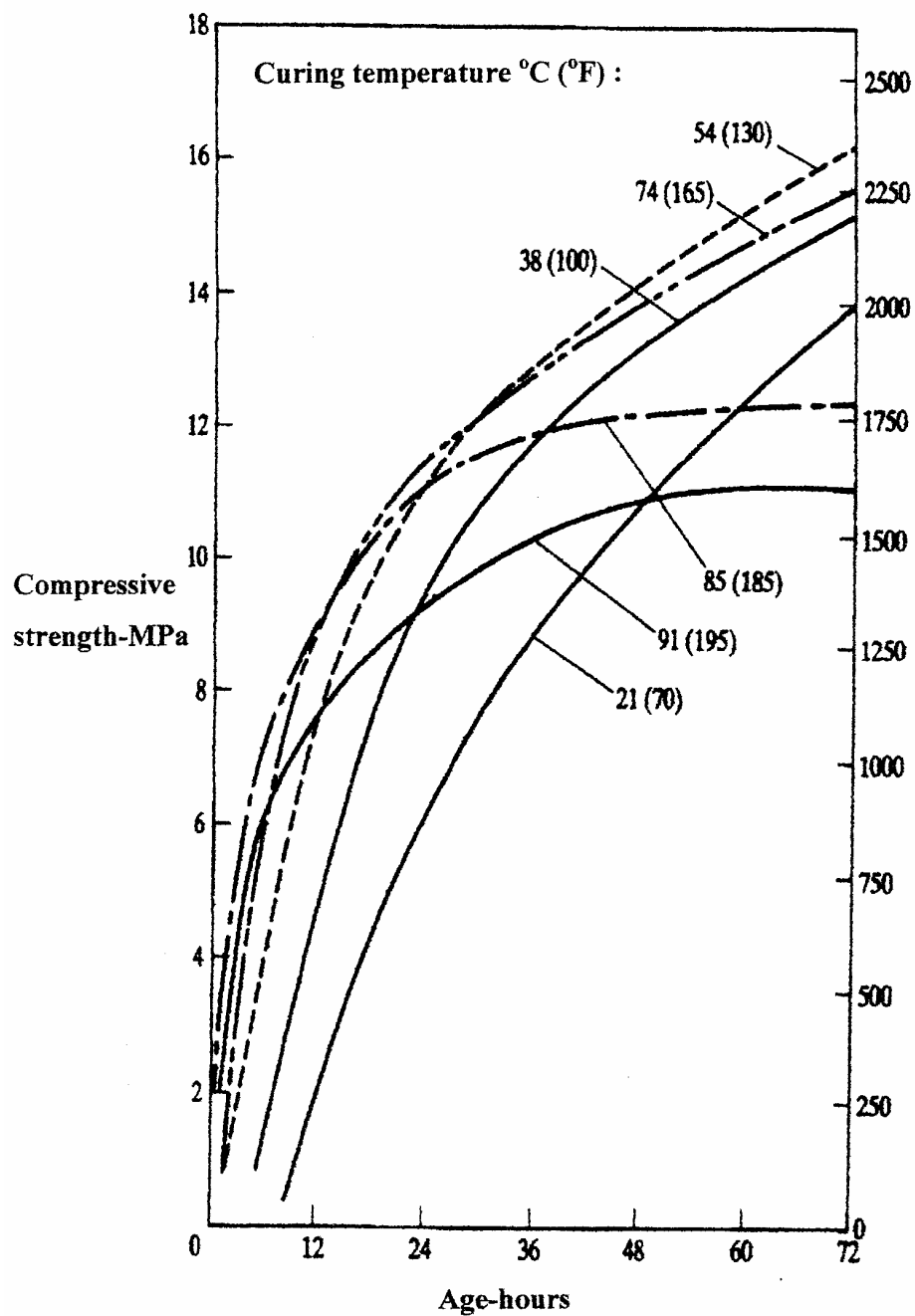
Komponen utama tiang konkrit pra-tegasan termasuk keluli kekuatan sederhana, batu baur, bahan tambah, simen dan air.

5.4.1 Keluli Kekuatan Sederhana

Keluli kekuatan sederhana seperti rod dawai keluli karbon rendah yang digunakan perlu mematuhi syarat-syarat yang dinyatakan seperti di dalam:-

- a) JIS G 3112
- b) JIS G 3117
- c) JIS G 3521
- d) MS 144:1987

Keluli ini perlu diuji terlebih dahulu sebelum dikeluarkan sijil pengesahan daripada pihak pembekal.



Rajah 5.1: Kekuatan konkrit yang dapat dicapai pada suhu yang berbeza dengan menggunakan kaedah pengawetan *steam*.

5.4.2 Tetulang Keluli Kekuatan Tinggi Untuk Prategasan

Piawaian Jepun JIS 5337 menetapkan bahawa tetulang keluli bagi tiang konkrit pra-tegasan hendaklah mematuhi sama ada piawaian :

- a) JIS G 3109 (Tetulang Berbunga) atau
- b) JIS G 3536

Tetulang keluli yang mematuhi piawaian JIS G 3109 merupakan tetulang keluli yang kandungan karbonnya rendah (0.27%-0.38%) dan berdiameter 7.4 - 13.0 mm. Keluli ini mempunyai kelebihan yang tersendiri seperti boleh dikimpal secara kimpalan bintik.

Manakala keluli jenis JIS G 3536 pula merupakan bar licin yang mempunyai kandungan karbon sekitar 0.6%-0.9% dan diameter 5.0 - 9.0mm. Keluli jenis ini tidak boleh dikimpal secara bintik.

Keluli jenis JIS G 3109 atau yang setaraf dengannya seperti jenis JIS G 3137, biasanya digunakan di dalam proses pembentukan sangkar tiang dan cerucuk. Ini kerana tetulang keluli jenis JIS G 3109 dan JIS G 3137 sesuai untuk kerja-kerja memasang sangkar tiang yang mempunyai kelebihan dari segi masa dan ketepatan apabila dilakukan kimpalan bintik secara automatik.

5.4.3 Batu Baur

Mengikut JIS A 5337 dan JIS A 5335, batu baur mestilah keras dan tidak mengandungi bahan-bahan yang berkemungkinan untuk reput atau berubah isi padunya apabila terdedah kepada persekitaran yang terbuka dan cuaca.

Batu baur perlu dibersihkan terlebih dahulu untuk membuang dan membebaskan kotoran organik. Ini kerana kotoran yang wujud akan menjejaskan kualiti konkrit yang dihasilkan.

5.4.4 Simen

Oleh kerana konkrit yang dihasilkan adalah konkrit yang bergred tinggi, maka simen yang hendak digunakan perlulah mematuhi syarat-syarat piawaian seperti berikut:

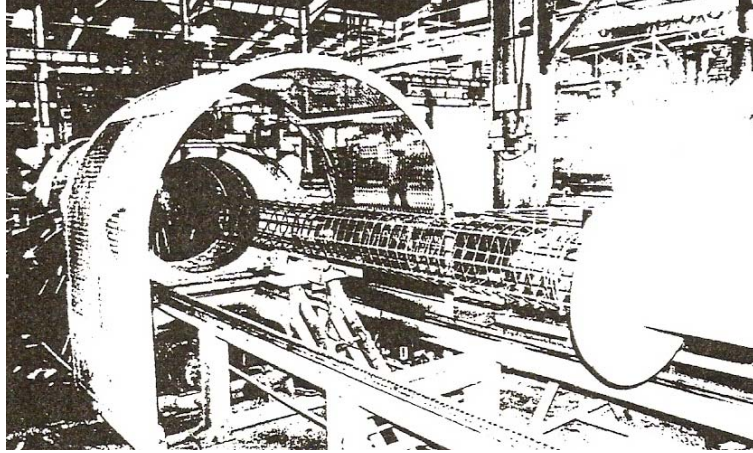
- i. JIS R 5210
- ii. JIS R 5211
- iii. JIS R 5212
- iv. JIS R 5213
- v. MS 522 : 1989

5.5 Proses pengilangan Tiang Konkrit Prategasan

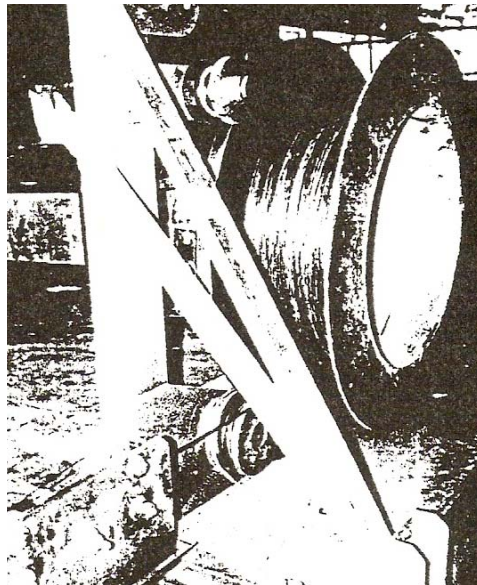
Proses pengilangan tiang dibahagikan kepada lima peringkat iaitu:

1. Penyediaan bahan keperluan
2. Penyediaan campuran konkrit
3. Penyediaan proses
4. Pengawetan
5. Pemeriksaan dan pengedaran tiang

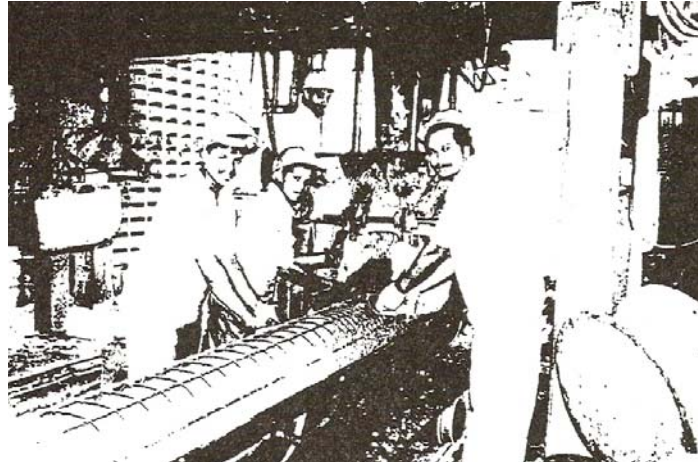
Rajah 5.2 hingga 5.7 menunjukkan proses pengilangan konkrit pra-tegasan yang biasa digunakan dan jadual 5.1 menunjukkan reka bentuk campuran konkrit.



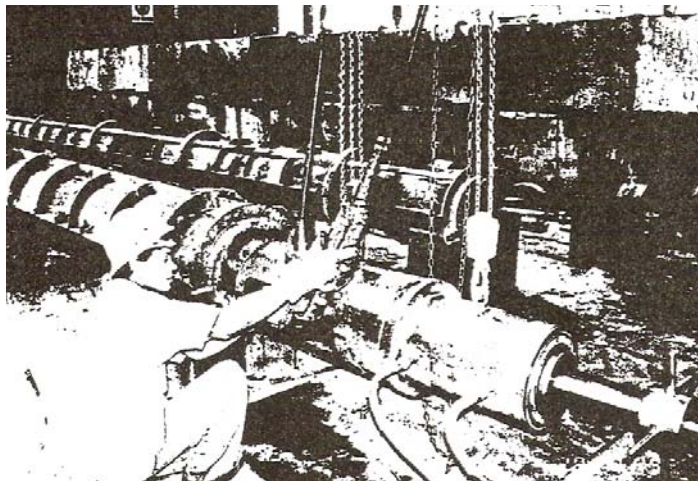
Rajah 5.2 : Proses penenunan sangkar tiang konkrit prategasan



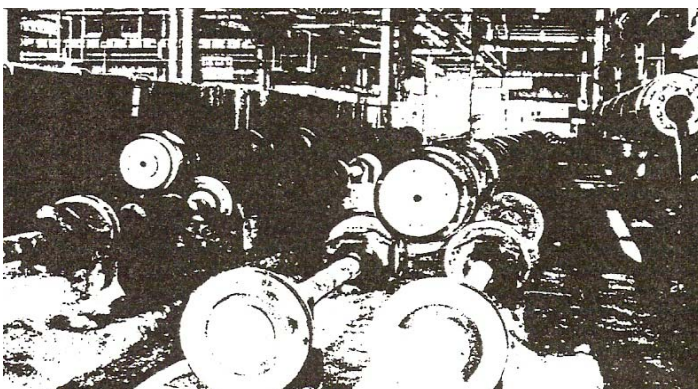
Rajah 5.3 : Penarikan tetulang keluli kekuatan sederhana



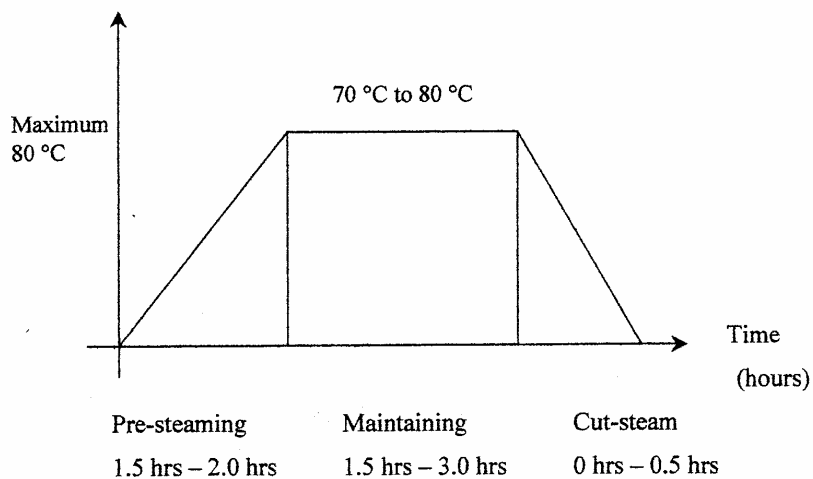
Rajah 5.4: Penuangan campuran konkrit ke dalam acuan tiang



Rajah 5.5 : Penarikan tetulang keluli



Rajah 5.6 : Proses pemutaran empur bagi tiang konkrit prategasan



Rajah 5.7: Masa putaran pengawetan *steam* konkrit pra-tegasan

Jadual 5.1 : Reka bentuk campuran konkrit untuk tiang konkrit prategasan dikilang

Bahan	Gred 60(1) Ø450mm- Ø1000mm	Gred 60(2) Ø250mm- Ø400mm	Gred 70(1) Ø450mm- Ø1000mm	Gred 70(2) Ø250mm- Ø400mm	Gred 80(1) Ø450mm- Ø1000mm	Gred 80(2) Ø250mm- Ø400mm
Simen	450	450	480	480	500	500
B/Baur 20 mm	1210	1155	1245	1180	1215	1165
Pasir	650	705	613	678	600	650
Air	144	144	139	139	145	145
B/Tambah	5.4	5.4	6.72	6.72	8	8
Nisbah Air/Simen	0.32	0.32	0.29	0.29	0.29	0.29

5.5.5 Pemeriksaan dan Pengedaran Tiang

Semua tiang yang dihasilkan perlu diperiksa. Penyelia bahagian penyemakan akan memastikan tiang yang dihasilkan memenuhi spesifikasi yang dikehendaki. Sekiranya terdapat kecacatan pada permukaan atau dalam tiang, kerja-kerja pemulihan perlu dilakukan dengan serta merta. Pihak kilang akan mempertimbangkan tahap kecacatan pada tiang sama ada serius atau tidak.

BAB 6

KESIMPULAN DAN CADANGAN

6.1 Kesimpulan

Konkrit pra-tegasan didapati mempunyai potensi besar sebagai tiang papan tanda piawai di jalan raya atau lebuh raya utama di Malaysia. Ia mempunyai keupayaan dan kelebihan yang lebih baik daripada tiang keluli yang digunakan pada masa ini. Dengan menggunakan konkrit pra-tegasan sebagai tiang papan tanda, pergantungan yang besar sektor pembinaan papan tanda kepada bahan keluli dapat diatasi dan kos keseluruhan pembinaan lebih kecil. Secara ringkas, kajian ini mendapati faktor-faktor berikut patut menjadi pertimbangan dalam pemilihan konkrit pra-tegasan sebagai tiang papan tanda utama, iaitu:

- Kos pembinaan dan penyenggaraan konkrit pra-tegasan adalah kecil berbanding dengan keluli yang memerlukan penyenggaraan berkala yang ketat.
- Reka bentuk, keupayaan dan ketahananlasakan tiang konkrit pra-tegasan adalah lebih baik berbanding dengan bahan-bahan lain terutamanya keluli. Di samping itu, teknologi terkini dalam industri pembinaan konkrit mampu menghasilkan struktur konkrit yang lebih maju.

- Tiang konkrit pra-tegasan adalah baik daripada aspek keselamatan jalan raya dan pengguna mempunyai keyakinan yang lebih tinggi terhadap keupayaan dan kestabilan terutamanya dalam situasi yang kritikal seperti kemalangan jalan raya, ribut kenyang dan seumpamanya. Tiang konkrit tidak memerlukan pemeriksaan rapi terhadap tahap keselamatannya selepas sesuatu bencana atau keadaan.

6.2 Cadangan

Satu kajian menyeluruh dan lebih lanjut perlu dilakukan untuk memastikan keupayaan sebenar konkrit pra-tegasan sebagai struktur tiang papan tanda. Reka bentuk yang lebih inovatif dan ekonomi perlu dihasilkan. Aspek keselamatan kepada pengguna jalan raya dan fungsi yang lebih berkesan papan tanda yang menggunakan tiang konkrit perlu ditingkatkan dan dibuat kajian yang lebih meluas meliputi semua bidang yang berkaitan.

Teknologi moden industri pembinaan konkrit masa kini mampu menghasilkan struktur yang lebih efektif. Teknologi terkini ini perlu dikaji dan disesuaikan untuk meningkatkan lagi potensi konkrit pra-tegasan sebagai tiang papan tanda.

RUJUKAN

Andrew, D.A (1970). "The Durability of Prestressed Concrete With Reference to a Structure under Demolition" London

British Standard Institution (1985). "Structural Use of Concrete." London: BS 8110

Che Ros Ismail, Rosli Hainin (1998). "Kejuruteraan Jalan raya Dan Lalu lintas." Universiti Teknologi Malaysia: Nota Kuliah.

Krishnamurthy, N (1983). "Steel of Building Construction in Singapore" Singapore

Mac Ginley, T.J dan Ang, T.C (1991). "Struktur Kerja Keluli. Reka bentuk Menurut Teori Keadaan Had", Terjemahan Unit Penerbitan Akademik UTM, Malaysia.

Mckenzie, M (1990) "The Corrosion of Wheathering Steel Under Real and Simulated Bridge Decks" Crowthorne

Shahrin Mohamad (1991) "Reka bentuk Struktur Keluli, Reka bentuk Struktur Kayu", Universiti Teknologi Malaysia: Nota Kuliah.

T.Y Lin, Ned H. Burn (1982). "Design of Prestressed Cone Structure." Edisi 4, John Wiley & Sons, Canada.

Wong Chee Loong (1999). "Cerucuk Konkrit Span Prategasan." Universiti Teknologi Malaysia: Tesis Sarjana Muda.

Woods, D.L (1983) "Small Car Impact on Highway Design" Institute of Transportation Engineers, Washington