

**PERANCANGAN CETAKAN SEPATU  
TIANG PANCANG DENGAN SISTEM PENCABUTAN PIN  
PADA PT WIKA BETON, Tbk**

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Universitas Medan Area**

**PEDRI  
128130062**



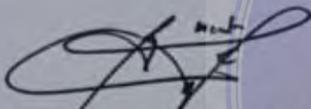
**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2018**

LEMBAR PENGESAHAN  
PERENCANAAN CETAKAN SEPATU  
TIANG PANCANG DENGAN SISTEM PENCABUTAN PIN  
PADA PT WIKA BETON, Tbk

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Universitas Medan Area

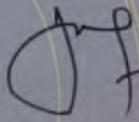
PEDRI  
128130062

PEMBIMBING I :



Ir. Batu Mahadi, MT

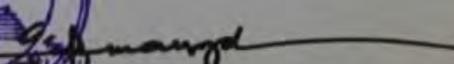
PEMBIMBING II :



Bobby Umroh, ST. MT



FAKULTAS TEKNIK :



Prof. Dr. Ir. Armansyah Ginting, M. Eng



PROGRAM STUDI :



Bobby Umroh, ST. MT

Tanggal lulus :

## SURAT PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 09 Agustus 2018

METERAI  
TEMPEL

6DF6AAFF561916391

6000  
ENAM RIBURUPIAH

Pedri

128130062

## ABSTRAK

Tiang pancang beton bulat berongga pracetak pada zaman sekarang memang digamari para perencana konstruksi sebagai perkuatan pondasi konstruksi bangunan bertingkat. Hal ini membuat para pengusaha industri beton pracetak berlomba – lomba dalam memproduksi tiang pancang beton ini, dikarenakan kemudahan dalam mencetak tiang pancang tersebut. Adapun tipe – tipe tiang pancang beton bulat berongga tersebut antara lain : Upper, Middle, Bottom, dan Single, sehingga aksesoris cetakan tiang pancang beton tersebut mengikuti tipe tiang pancangnya.

**Kata kunci : Tiang Pancang Beton Bulat Berongga Pracetak, Cetakan Sepatu, Pabrik Produksi Beton**



## ABSTRACT

*Precast hollow round concrete piles today are favored by construction planners as a reinforcement of building-level construction foundations. This makes the cast concrete industry entrepreneurs compete in producing these concrete piles, due to the ease in poking the piles. The types of hollow round concrete piles include: Upper, Middle, Bottom, and Single, so that the mold accessories of the concrete piles follow the type of pile.*

***Keywords: Precast Hollow Round Concrete Piles, Shoe Mold, Concrete Production Plants***



## KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Alhamdulillah. Puji syukur kepada Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa akhirnya penyusunan skripsi ini dapat penulis selesaikan dengan baik, dimana skripsi ini merupakan suatu syarat yang harus dipenuhi dalam menyelesaikan sarjana (S1) program studi Teknik Mesin di Fakultas Teknik, Universitas Medan Area (UMA). Penulis menyadari bahwa selesainya skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan, dukungan dan bantuan dari semua pihak, hingga terselesaikannya skripsi ini dengan judul **“Perancangan Cetakan Sepatu Tiang Pancang Dengan Sistem Pencabutan Pin Pada PT Wika Beton, Tbk”**. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih yang tulus kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H.A. Ya’kub Matondang, MA selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Keluarga yang sangat penulis sayangi serta cintai . Hormat dan sujud penulis haturkan kepada Ayahanda dan Ibunda , yang telah merawat dan memberikan penulis kasih sayang yang tiada henti, mendidik, membimbing, dan memberikan motivasi semangat serta doa kepada penulis.
4. Kepada mahasiswa/siswi program studi teknik mesin.
5. Bapak Pimpinan dan seluruh karyawan PT Wijaya Karya Beton Tbk.

Penulis sepenuhnya menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, baik dari segi penyajian maupun pembahasannya. Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya serta kritik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan penulisan dimasa yang akan datang.

Medan, 12 Agustus 2018

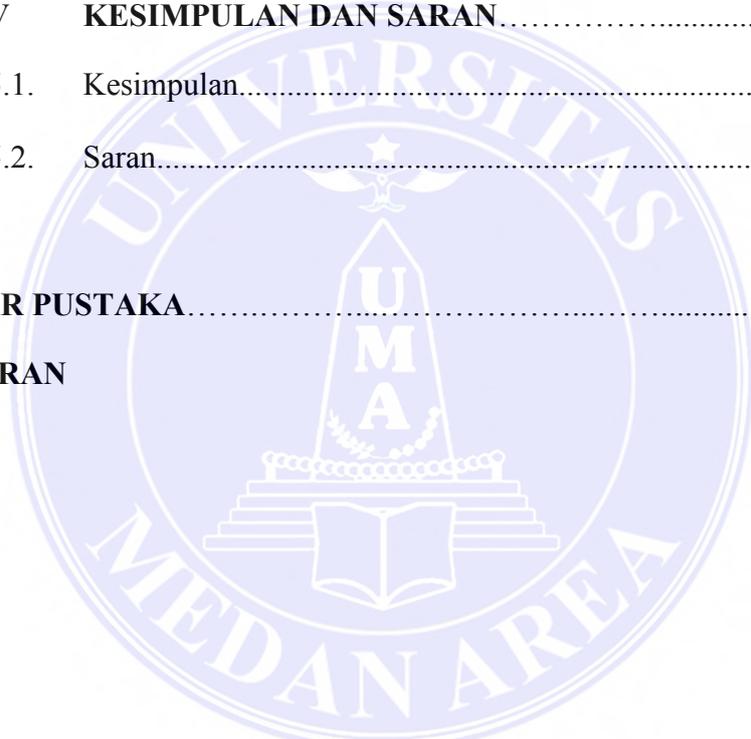
**Pedri**  
**128130062**

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Pembatasan Masalah .....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Peneletian.....	4
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b> .....	5
2.1. Perancangan Tiang Pancang Pracetak.....	5
2.2. Struktur Cetakan.....	6
2.3. Proses Pemotongan Plat.....	7
2.3.1. Menggunakan Mesin Gerinda Potong.....	7
2.3.2. Kondisi Untuk Pemotongan Dengan Gas Elpiji.....	9
2.4. Perhitungan Kebutuhan Kawat Las.....	11
2.5. Pembebanan.....	16
2.5.1. Pembebanan pada Stiffner .....	16

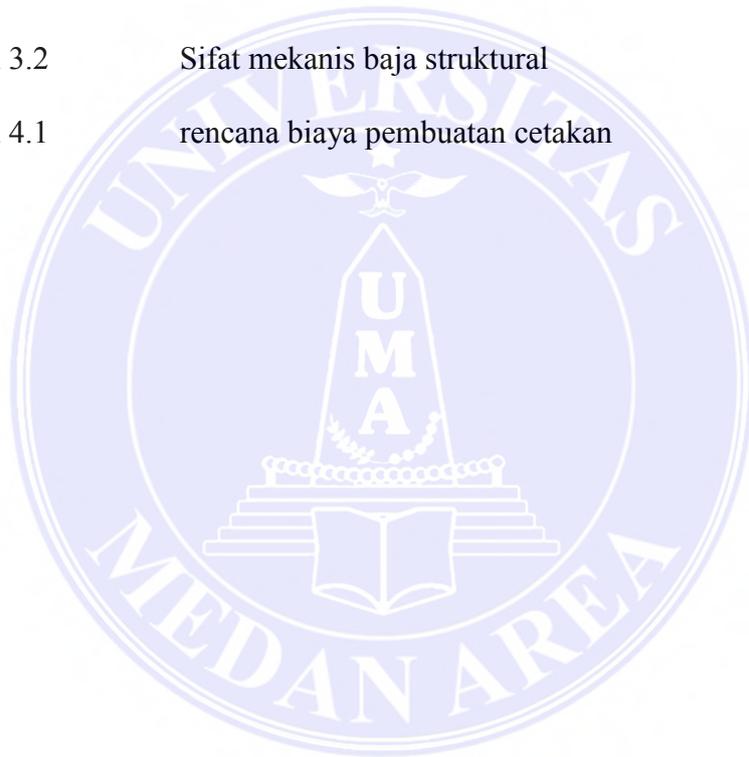
2.6.	Pembebanan.....	19
2.6.1.	Sambungan Baut .....	19
2.6.2.	Sambungan Las.. .....	19
2.7.	Pengertian Balok Prestress.....	21
2.8.	Material Balok Prestress.....	22
2.9.	Pemakaian Balok Prestress.....	30
2.9.1.	Prinsip Dasar Prestress .....	31
2.9.2.	Metode Prestress .....	35
2.9.3.	Tahap Pembebanan .....	38
2.9.4.	Kehilangan Prestress .....	39
2.9.5.	Material dan Prinsip Dasar Balok Prestress.....	42
<b>BAB III</b>	<b>METODE PERANCANGAN.....</b>	<b>51</b>
3.1.	Waktu Dan Tempat.....	51
3.2.	Bahan Dan Alat.....	51
3.2.1.	Bahan.....	51
3.2.2.	Alat,,,,,,.....	55
3.3.	Prosedur Pelaksanaan.....	58
3.4.	Diagram Alir Perancangan.....	59
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>61</b>
4.1.	Proses Produksi Sepatu Tiang Pancang.....	61
4.2.	Perhitungan Struktur.....	62
4.2.1.	Perhitungan Plat Badan Cetakan.....	62

4.2.2.	Stiffner.....	64
4.2.3.	Sambungan Pin .....	65
4.3.	Perhitungan Sambungan.....	65
4.3.1.	Sambungan Baut.....	65
4.3.2.	Sambungan Pengelasan.....	66
4.4.	Perhitungan Rencana Biaya Pembuatan Cetakan.....	66
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>67</b>
5.1.	Kesimpulan.....	67
5.2.	Saran.....	67
	<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>68</b>
	<b>LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Judul</b>	<b>Hal</b>
1. Tabel 2.1	Tipikal Baja Prategang	28
2. Tabel 2.2	Nilai $\alpha$ & $\beta$	43
3. Tabel 2.3	Spesifikasi kabel strand	45
4. Tabel 3.1	Waktu Dan Tempat Pembuatan Cetakan	51
5. Tabel 3.2	Sifat mekanis baja struktural	53
6. Tabel 4.1	rencana biaya pembuatan cetakan	66



## DAFTAR GAMBAR

<b>Tabel</b>	<b>Judul</b>	<b>Hal</b>
7. Gambar 1.1	Tiang Pancang Beton Bulat Berongga Type Single	2
8. Gambar 1.2	Tiang Pancang Beton Bulat Berongga Type Bottom	2
9. Gambar 1.3	Tiang Pancang Beton Bulat Berongga Type Middle	2
10. Gambar 1.4	Tiang Pancang Beton Bulat Berongga Type Upper	2
11. Gambar 2.1	Produk Tiang Pancang Beton Bulat Berongga Pracetak	5
12. Gambar 2.2	Model Cetakan Sepatu Tiang Pancang Beton Pracetak	6
13. Gambar 2.3	Contoh Pembebanan	6
14. Gambar 2.4	Mesin Gerenda	8
15. Gambar 2.5	Stang Blender	9
16. Gambar 2.6	Sambungan Las Pada Plat	11
17. Gambar 2.7	Penampang Baja Yang Akan Dilas	12
18. Gambar 2.8	Phytagoras	13
19. Gambar 2.9	Gaya kerja pada Stiffner	16
20. Gambar 2.10	Gaya yang bekerja pada beban hidup	17
21. Gambar 2.11	Diagram Tegangan-Regangan pada Beton	22
22. Gambar 2.12	Tipikal diagram tegangan regangan beton	23

23. Gambar 2.13	Diagram tegangan regangan kawat tunggal	26
24. Gambar 2.14	Diagram tegangan regangan untaian kawat	27
25. Gambar 2.15	Diagram tegangan regangan baja batangan	27
26. Gambar 2.16	Diagram tegangan regangan tulangan biasa	27
27. Gambar 2.17	Tulangan non-prategang di tengah bentang	29
28. Gambar 2.18	Tulangan non-prategang di tepi bentang	29
29. Gambar 2.19	Tulangan non-prategang penahan tekan	29
30. Gambar 2.20	Tulangan non-prategang penahan lentur	29
31. Gambar 2.21	Tulangan non-prategang penahan retak	30
32. Gambar 2.22	Distribusi Tegangan Beton Prestress	32
33. Gambar 2.23	Momen Penahan Internal	34
34. Gambar 2.24	Balok Beton menggunakan Baja Mutu Tinggi	34
35. Gambar 2.25	Balok <i>Prestress</i> dengan Tendon Parabola	35
36. Gambar 2.26	Prinsip Metode Pratarik	36
37. Gambar 2.27	Prinsip Metode Pascatarik	37
38. Gambar 2.28	Penampang beton	41
39. Gambar 2.29	Strand prategang 7 kawat	44
40. Gambar 2.30	Truck Pengangkut Semen Portland	46
41. Gambar 2.31	Material Pasir Cor	47
42. Gambar 2.32	Material Batu Pecah	47
43. Gambar 2.33	Sumber Air Dari Sumur Bor Untuk Pengadukan Beton	50
44. Gambar 3.1	Travo Las Listrik	56
45. Gambar 3.2	Diagram Alir Perancangan	32
46. Gambar 4.1	Tulangan Sepatu Pancang	61

47. Gambar 4.2	Tulangan Sepatu Pancang Dalam Cetakan	61
48. Gambar 4.3	Proses Buka Cetakan Sepatu Tiang Pancang	62
49. Gambar 4.4	Ukuran dan spesifikasi cetakan sepatu tiang pancang beton pracetak	62
50. Gambar 4.5	Ukuran Sepatu Tiang Pancang Beton Pracetak	63
51. Gambar 4.6	Stiffner dan baut M10	65



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Pondasi sebagai struktur bawah konstruksi suatu bangunan secara umum dapat dibagi dalam 2 (dua) jenis, yaitu pondasi dalam dan pondasi dangkal. Pemilihan jenis pondasi tergantung kepada jenis struktur atas apakah termasuk konstruksi beban ringan atau beban berat dan juga tergantung jenis tanahnya.

Pada umumnya permasalahan pondasi dalam lebih rumit dari pondasi dangkal. Pada bangunan bertingkat lebih dari 5 lantai pemilihan pondasi dalam sangat tepat. Untuk menjaga kestabilan struktur bangunan sampai ke tanah dasar, tiang pancang diperlukan sebagai perkuatan pada pondasi. Tiang pancang adalah batang yang relative panjang dan langsing yang digunakan untuk menyalurkan beban pondasi melewati lapisan tanah dengan daya dukung rendah kelapisan tanah keras yang mempunyai kapasitas daya dukung tinggi yang relative cukup dalam dibanding pondasi dangkal. Daya dukung tiang pancang diperoleh dari daya dukung ujung (end bearing capacity) yang diperoleh dari tekanan ujung tiang, dan daya dukung geser atau selimut (friction bearing capacity) yang diperoleh dari daya dukung gesek atau gaya adhesi antara tiang pancang dan sekelilingnya.

Secara umum tiang pancang dapat dikalsifikasikan antara lain : dari segi bahan ada tiang pancang beton bertulang, tiang pancang beton pratekan, tiang pancang baja, dan tiang pancang kayu. Dari segi penampang, tiang pancang bujur sangkar, segitiga, segi enam, bulat padat, pipa, huruf H, huruf I, dan bentuk spesifik lainnya. Dari berbagai macam bentuk dan jenis tiang pancang diatas penulis memilih tiang pancang beton bulat berongga pracetak.

Tiang pancang beton bulat berongga pracetak pada zaman sekarang memang digamari para perencana konstruksi sebagai perkuatan pondasi konstruksi bangunan bertingkat. Hal ini membuat para pengusaha industri beton pracetak berlomba – lomba dalam memproduksi tiang pancang beton ini, dikarenakan kemudahan dalam mencetak tiang pancang tersebut. Adapun tipe – tipe tiang pancang beton bulat berongga tersebut antara lain : Upper, Middle, Bottom, dan Single, sehingga aksesoris cetakan tiang pancang beton tersebut mengikuti tipe tiang pancangnya. Berikut ini dijelaskan tipe gambar tiang pancang bulat berongga beserta cetakannya



Gambar 1.1 Tiang Pancang Beton Bulat Berongga Type Single



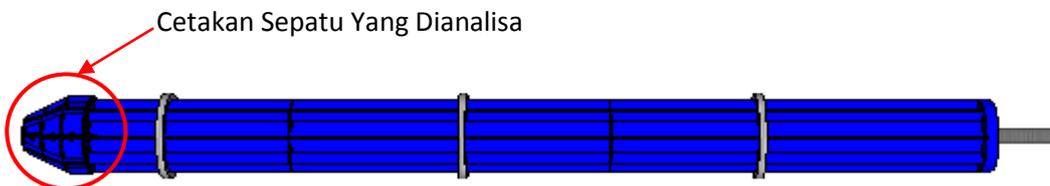
Gambar 1.2 Tiang Pancang Beton Bulat Berongga Type Bottom



Gambar 1.3 Tiang Pancang Beton Bulat Berongga Type Middle



Gambar 1.4 Tiang Pancang Beton Bulat Berongga Type Upper



Gambar 1.5 Cetakan Untuk Tiang Pancang Beton Bulat Berongga Untuk Type Bottom + Single



Gambar 1.6 Cetakan Untuk Tiang Pancang Beton Bulat Berongga Untuk Type Middle + Upper

Dari berbagai gambar bentuk tipe serta cetakan tiang pancang bulat berongga pracetak di atas yang penulis mencoba menganalisa sepatu cetakan tiang pancang tersebut dengan sistem pecabutan pin yang akan dijelaskan pada bab – bab selanjutnya.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Dilihat dari latar belakang yang telah diuraikan, maka diperoleh rumusan masalah dalam penelitian ini antara lain :

1. Bagaimana perhitungan gaya – gaya yang diterima plat besi cetakan sepatu tiang pancang beton pracetak dalam pelaksanaannya ?
2. Bagaimana langkah – langkah dalam memproduksi sepatu tiang pancang beton pracetak yang baik ?
3. Apa fungsi sepatu terhadap produk tiang pancang beton pracetak tersebut ?

## **1.3. Pembatasan Masalah**

Untuk memperkecil cakupan pembahasan, ada beberapa batasan masalah dalam tugas akhir ini, antara lain :

4. Perancangan Cetakan Sepatu Tiang Pancang dievaluasi berdasarkan SNI 03-2847-2002 dan RKS.
5. Cetakan sepatu tiang pancang beton yang dianalisa hanya 1 cetakan dengan diameter 300 mm.

## **1.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian dari penulisan ini yaitu untuk mengetahui gaya – gaya yang bekerja pada cetakan sepatu tiang pancang saat memproduksi sepatu tiang pancang

bulat berongga tersebut, sehingga dapat diketahui apakah struktur plat besi cetakan yang digunakan baik.

### **1.5. Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian dari tugas akhir ini diharapkan dapat menambah wawasan mengenai cara mencetak sepatu tiang pancang yang ekonomis, serta sesuai dengan strukturnya.



## BAB II

### LANDASAN TEORI

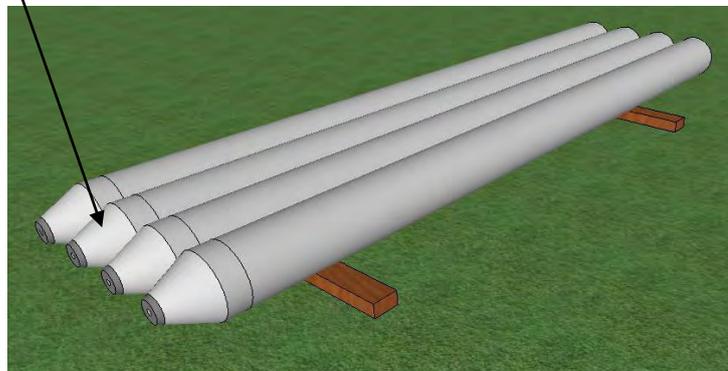
#### 2.1. Perancangan Tiang Pancang Pracetak

Dalam suatu proses produksi produk tiang pancang beton bulat berongga pracetak melewati beberapa tahapan. Dimana tiap tahapan memiliki aspek penting. Tahapan – tahapan suatu produksi tiang pancang bulat berongga pracetak sebagai berikut : penerimaan material, pembuatannya di jalur produksi, sampai pengangkutannya ke lapangan, perjanjian kontrak dan administrasi, terakhir adalah penggunaannya sebagai konstruksi perkuatan tanah pada pondasi.

Dalam tugas akhir ini akan dibahas tahapan rencana produksi sepatu tiang pancang beton bulat berongga pracetak. Perencanaan tersebut harus memenuhi syarat – syarat keamanan, kekuatan, ekonomis, serta mempertimbangkan kondisi yang akan datang.

Adapun bentuk sepatu tiang pancang beton bulat berongga pracetak dapat dilihat pada gambar 2.1.

Sepatu Tiang Pancang  
Beton Bulat Berongga



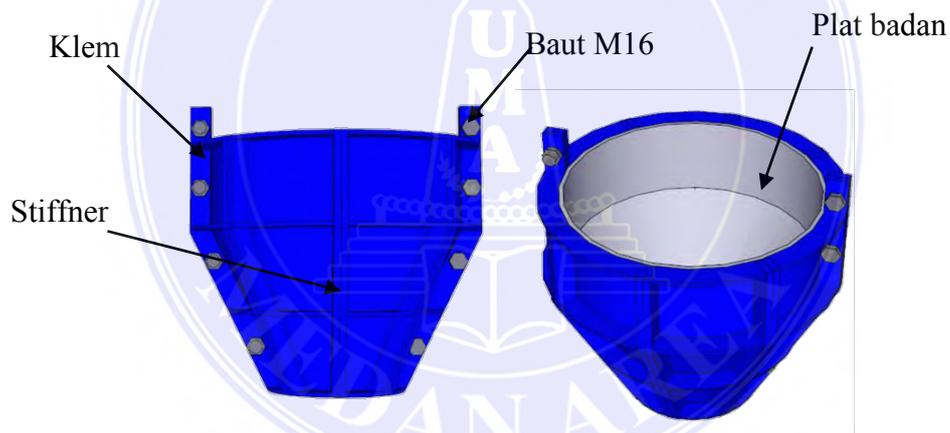
Gambar 2.1 Produk Tiang Pancang Beton Bulat Berongga Pracetak

Dengan pembuatan model cetakan sepatu tiang pancang beton prestress tersebut diharapkan nantinya proses pembuatan sepatu tiang pancang beton prestress dapat dikerjakan dengan waktu produktifitas (schedule) yang lebih singkat, serta pemasangan, konstruksi yang lebih mudah pemeriksaan dan perbaikannya.

## 2.2. Struktur Cetakan

Adapun aksesoris struktur cetakan sepatu tiang pancang beton prestress antara lain :

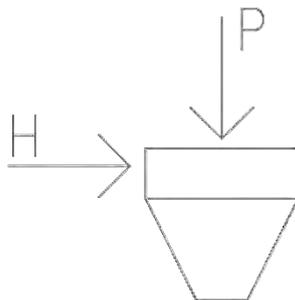
1. Klem dari plat besi tebal 8 mm.
2. Stiffner / pengaku dari besi tebal 8 mm
3. Plat badan cetakan dari besi tebal 4 mm
4. Baut M16 sebagai penngunci dan pembuka klem



Gambar 2.2 Model Cetakan Sepatu Tiang Pancang Beton Pracetak

Dalam kenyataannya konstruksi adalah berbentuk ruang, sehingga secara keseluruhan konstruksi belum stabil, maka perlu diatur lagi dalam arah yang lain.

Contoh :



Gambar 2.3 Contoh Pembebanan

Pada bidang cetakan, konstruksi ini stabil, sebab sudah diperhitungkan terhadap beban yang bekerja yaitu P dan H (vertikal dan horizontal) bila ada beban H bekerja dalam arah ini, konstruksi akan roboh/terguling, jadi masih labil. Maka perlu distabilkan dalam arah ini.

## **2.3. Proses Pemotongan Plat**

### **2.3.1 Menggunakan Mesin Gerinda Potong**

Mesin gerinda potong merupakan salah satu alat yang digunakan untuk memotong besi, plate dan sebagainya. Mesin ini menggunakan energi listrik. Namun kekurangan gerinda potong ini adalah tidak bisa memotong plate baja yang terlalu tebal. Tidak terlalu sulit dalam menggunakan mesin gerinda potong. Namun ada beberapa hal yang harus Anda perhatikan dalam menggunakan mesin gerinda potong.

Berikut ini langkah kerja dalam penggunaan mesin gerinda potong :

1. Pastikan Anda telah memakai safety. Antara lain sarung tangan, kaca mata, dan sepatu kerja. Ingat dalam bekerja harus mengutamakan keselamatan dan kesehatan kerja (K3). Jika Anda ingin aman dalam bekerja, utamakan safety first.
2. Pasangkan benda yang ingin Anda potong, pasang pada ragum, lalu diikat dengan kuat agar benda yang mau dipotong tidak lepas atau goyang ketika dipotong.
3. Lalu pastikan kabel listrik telah terhubung, lalu tekan tombol ON.
4. Lalu letakkan tangan kiri Anda pada gagang mesin gerinda potong dan tekan tombolnya, lalu mata gerinda (roda gerinda) akan berputar kencang, lalu

tekan gagang gerinda potong kebawah sehingga mata potong gerinda bisa mengenai benda yang akan dipotong.

5. Tekan dengan perlahan-lahan selagi roda gerinda berputar, sehingga benda jadi terpotong.
6. Lakukan tahap tersebut sesuai kebutuhan.



Gambar 2.4 Mesin Gerenda

### **Cara Menggunakan Mesin Gerinda Potong dan Bagian Mesin Gerinda Potong**

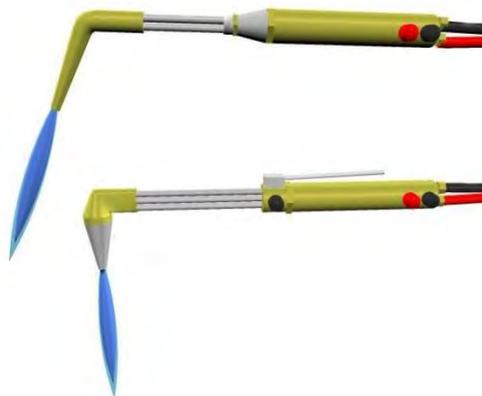
1. Ingat jangan menyentuh dengan tangan kosong mata gerinda yang sedang berputar
2. Pastikan benda yang telah dipotong jangan disentuh dengan tangan kosong, karena benda tersebut menjadi panas akibat gesekan dengan mata gerinda potong.
3. Ketika mesin gerinda potong digunakan, usahakan Anda menjauhkan pandangan mata dari percikan apinya .
4. Sebaiknya gunakan mesin gerinda potong ditempat yang tidak mengganggu orang lain, karena suara mesin ini sangat berisik.

5. Jika Anda punya penyakit pernapasan, sebaiknya memakai pelindung pernapasan (masker), karena bau dari gesekan mata gerinda dan besi sangat menyengat.
6. Pastikan posisi Anda nyaman, jika bekerja dalam waktu yang lama, jangan jongkok, tapi ambillah kursi pendek dan duduk sambil bekerja.

### **Bagian Mesin Gerinda Potong Dan Fungsinya :**

1. Saklar utama mesin, tidak lain dan tidak bukan, fungsinya untuk menghidupkan dan mematikan mesin (ON/OFF).
2. Penutup roda gerinda (mata gerinda), fungsinya untuk menutup mata gerinda yang berputar, sehingga percikan api dan percikan serbuk besi tidak terkena mata dan kulit.
3. Penjepit gerinda, fungsinya untuk menjepit benda yang akan dipotong supaya tidak lepas atau bergeser ketika dipotong.
4. Roda gerinda (mata gerinda) fungsinya untuk memotong benda, mata gerinda ini akan diganti secara berkala jika sudah aus.
5. Kabel, fungsinya untuk menghubungkan dengan listrik.

### **2.3.2 Kondisi Untuk Pemotongan Dengan Gas Elpiji**



Gambar 2.5 Stang Blender

### **Konsumsi oksigen potong**

Secara empiris (perhitungan pendekatan), jika plat yang akan dipotong tebal dapat menggunakan tekanan oksigen yang lebih tinggi. Meskipun kecepatan pancaran oksigen naik bersama dengan tekanan, kenaikan berhenti dan kecepatan menjadi tetap pada sebuah titik yang ditentukan oleh bentuk konfigurasi internal tip. Bentuk tip yang lurus konvensional berarti bentuk ini baik dan kuat. Dan jika tekanan dinaikkan dengan tidak semestinya, maka energi tekanan dapat menyebabkan aliran pancaran jet oksigen berkembang dalam bentuk getaran dan tidak berubah ke energi kinetik yang diperlukan untuk pemotongan gas.

Kenaikan tekanan dapat menyebabkan gelombang kejut pada pancaran oksigen dan tidak akan berguna, dan juga secara cepat menghilangkan energi kinetik. Sebuah pemancar (lubang penghembus) oksigen dengan diameter yang lebih besar akan lebih baik untuk pemotongan logam induk yang lebih tebal dengan kecepatan potong yang lebih tinggi. Kenaikan diameter lobang tip akan menaikkan kapasitas pemotongan dan konsumsi oksigen. Kenaikan tekanan oksigen akan menaikkan konsumsi oksigen pemotongan. Meskipun kenaikan tekanan tersebut pada akhirnya menyebabkan efek yang lebih buruk yang dikarenakan oleh turbulensi dari aliran pancaran oksigen. Jika tekanan oksigen harus dinaikkan, sebuah bentuk cuncum potong yang berbeda harus digunakan untuk menyesuaikan masing-masing tekanan suplai oksigen.

### **Peran nyala preheating (pemanasan awal)**

Proses sekali pemotongan gas dimulai, selanjutnya operasi pemotongan hanya dengan menghembuskan oksigen potong. Secara aktual, pemanasan dengan nyala pemanasan awal dilakukan untuk memudahkan pemotongan, ditujukan ke

logam induk untuk membuang terak alur potong (kerf) dan untuk mengganti panas yang diradiasikan ke udara maka cuncum potong. Fungsi dari nyala preheating adalah menjaga kemurnian oksigen, untuk pemanasan logam induk sampai ke temperatur nyala, bila pemotongan akan dimulai, menyiapkan arah pemancaran oksigen untuk pemotongan, menaikkan kualitas permukaan potong, mengaktifkan permukaan plat baja sehingga membuat pemotongan awal lebih mudah.

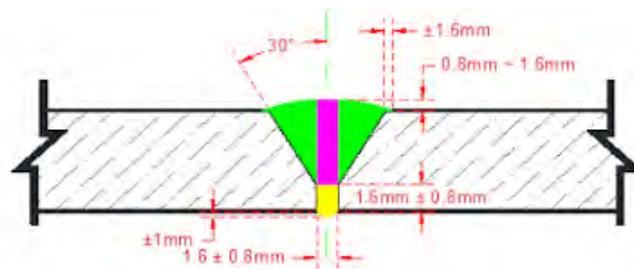
### **Gas bakar untuk preheating (nyala pemanasan awal)**

Gas bakar untuk nyala pemanasan awal (preheating) termasuk LPG yaitu propilen, asetilen, gas propan, campuran asetilen dan LPG dan gas-gas pembakar lainnya seperti LNG dan hidrogen. Dalam pemilihan gas bakar, faktor yang harus diperhatikan untuk mempertimbangkan antara konsumsi dan biaya adalah temperatur nyala dan kemampuan konsentrasinya, berat jenis (specific gravity) dari gas, temperatur penyalaan, keamanan dalam hal batas-batas peledakan, efisiensi secara ekonomis.

### **2.4. Perhitungan Kebutuhan Kawat Las**

Pada Sesion kali ini saya akan mencoba memberikan metode perhitungan pemakaian kawat las pada Joint Pipa. Rumus dasarnya adalah rumus – rumus dasar seperti Teorema Phitagoras, Bujur sangkar dan lingkaran.

# Langkah Pertama adalah kenali bidang Pengelasan seperti gambar berikut, (API 1104)



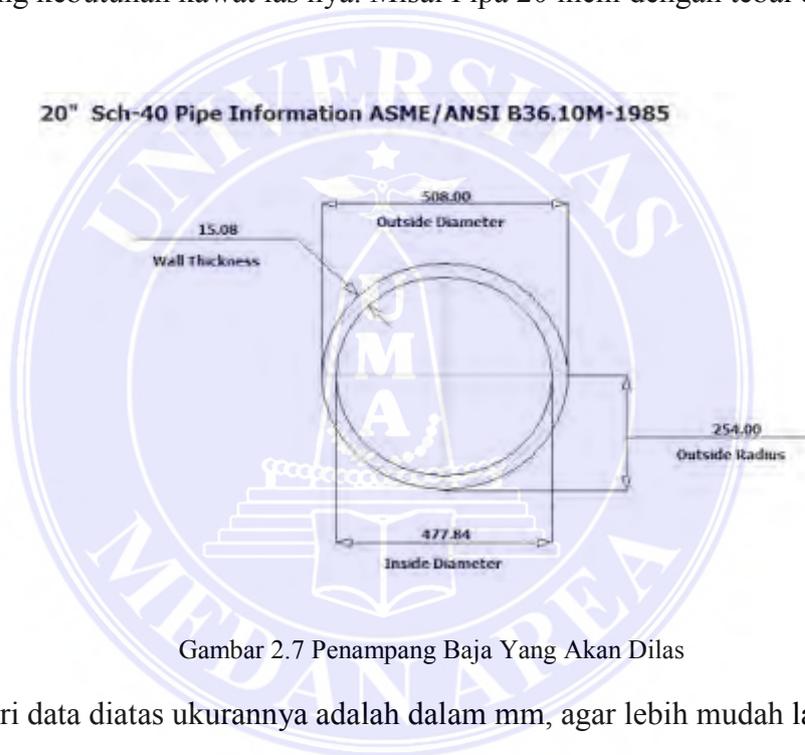
Gambar 2.6 Sambungan Las Pada Plat

Pada gambar di atas terdiri dari beberapa bidang yang harus kita cari luasannya :

1. bidang warna Kuning
2. bidang warna Hijau
3. bidang warna Pink

### Cara Perhitungan Kawat Las

Tentukan dulu Pipa diameter berapa dan mempunyai ketebalan berapa yang akan kita hitung kebutuhan kawat las nya. Misal Pipa 20 inchi dengan tebal dindingnya.



Gambar 2.7 Penampang Baja Yang Akan Dilas

Dari data diatas ukurannya adalah dalam mm, agar lebih mudah langsung kita convert ke dalam Meter semua dimensi ukurannya

Diketahui :

Diameter Pipa 20" = 0.508 meter

Radius Pipa 20" = 0.254 meter

Ketebalan Pipa = 0.015 meter

### Menghitung Keliling Lingkaran

$$= 2 \times 3.14 \times r$$

$$= 2 \times 3.14 \times 0.254$$

$$= 1.6 \text{ m}$$

### Menghitung Volume Area Kuning

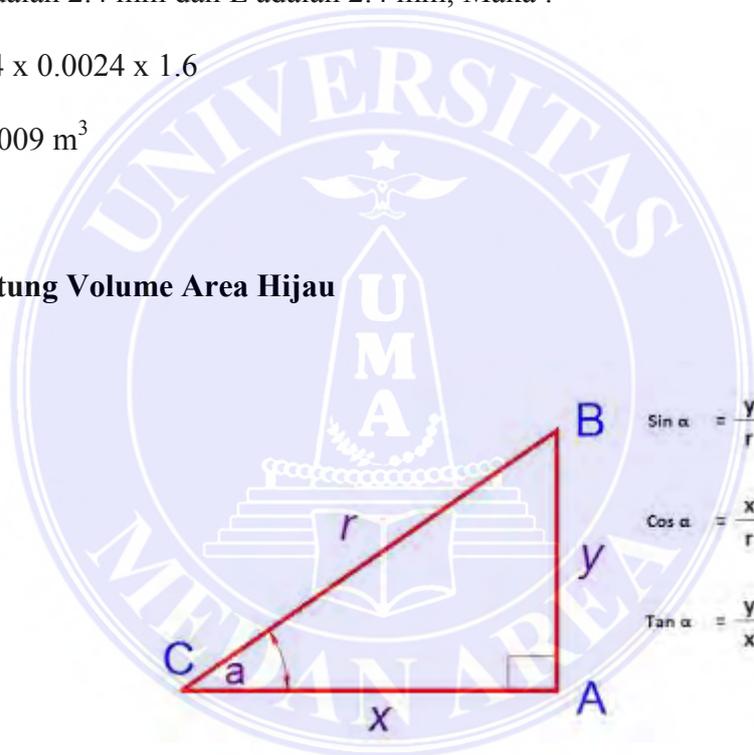
= Panjang x Lebar x Keliling Lingkaran

Jika P adalah 2.4 mm dan L adalah 2.4 mm, Maka :

$$= 0.0024 \times 0.0024 \times 1.6$$

$$= 0.000009 \text{ m}^3$$

### Menghitung Volume Area Hijau



Gambar 2.8 Phytagoras

X = adalah Tebal Pipa di kurangi Tebal area Kuning (0.0024)

$$X = 0.015 - 0.0024$$

$$X = 0.0126 \text{ meter}$$

Jika  $a = 30$  derajat maka :

$$\text{Tan } 30 = y/0.0126$$

$$\text{Jadi Luas Bidang Hijau} = 0.00005 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume Bidang Hijau} = \text{Luas Bidang Hijau} \times \text{Keliling Lingkaran}$$

$$= 0.00005 \times 1.6$$

$$= 0.00007 \text{ m}^3$$

Karena terdapat 2 bidang Hijau maka

$$= 0.00007 \times 2$$

$$= 0.00014 \text{ m}^3$$

#### **Menghitung Volume area Pink**

$$= (X) \times (\text{Gap Pipa}) \times \text{Keliling Lingkaran}$$

$$= 0.0126 \times 0.0024 \times 1.6$$

$$= \mathbf{0.00005 \text{ m}^3}$$

Jadi Total Volume keseluruhan area pengelasannya adalah

$$\text{Total Volume} = \text{Volume Kuning} + \text{Volume Hijau} + \text{Volume Pink}$$

$$= 0.000009 + 0.00014 + 0.00005$$

$$= \mathbf{0.000199 \text{ m}^3}$$

**Menghitung Jumlah Kawat Las nya adalah :**

Jika Masa Jenis Muai besi kawat las =  $7850\text{kg/m}^3$

**Maka :**

**= Total Volume x 7850**

**=  $0.000199 \times 7850$**

**= 1.56215 kg**

**Penting :**

Perhitungan di atas adalah perhitungan Teoritis, Untuk Prakteknya pada saat pekerjaan dilakukan kebutuhannya akan jauh berbeda karea ada beberapa faktor yang mempengaruhinya yaitu :

### **1. Koefisien kawat saat pengelasan**

Pada saat Welder melakungan pengelasan, satu kawat las tidak akan habis jadi nilainya satu kawat las berkurang karea sebagian ada yang terbuang.

### **2. Koefisien tingkat kesulitan dalam Pengelasan**

Pada saat welder melakukan pengelasan pada posisi tidak normal maka akan sangat mempengaruhi kebutuhan penggunaan kawat las yang biasanya lebih banyak.

Jadi Kesimpulannya adalah kita perlu konstanta pengali dari beberapa koefisien penggunaan kawat las, dan untuk besarannya bisa kita tambah prosentase kawat lasnya, biasanya adalah 15% dari perhitungan dasar untuk materialnya.

Demikian yang bisa saya sampaikan ke kalian semua terkait perhitungan kebutuhan kawat las, silahkan koreksi jika menurut anda kurang Pass..

## 2.5. Pembebanan

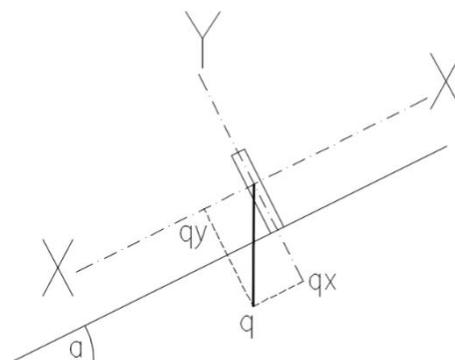
Perencanaan suatu struktur untuk keadaan-keadaan stabil batas, kekuatan batas, dan kemampuan-layan batas harus memperhitungkan pengaruh-pengaruh dari aksi sebagai akibat dari beban-beban berikut ini:

- 1) beban hidup dan mati seperti disyaratkan pada SNI 03-1727-1989 atau penggantinya;
- 2) untuk perencanaan keran (alat pengangkat), semua beban yang relevan yang disyaratkan pada SNI 03-1727-1989, atau penggantinya;
- 3) pembebanan gempa sesuai dengan SNI 03-1726-1989, atau penggantinya;
- 4) beban-beban khusus lainnya, sesuai dengan kebutuhan.

### 2.5.1. Pembebanan pada Stiffner

#### a. Beban Mati / Dead Load

Stiffner ditempatkan tegak lurus bidang plat badan dan beban mati  $P_x$  bekerja vertikal,  $P$  diuraikan pada sumbu  $X$  dan sumbu  $Y$ , sehingga diperoleh :



Gambar 2.9 Gaya kerja pada Stiffner

Dimana :

$q_x$  : Beban mati arah  $x$

$q_y$  : Beban mati arah  $y$

$a$  : Sudut kemiringan

Stiffner diletakan di atas tumpuan (plat badan cetakan), sehingga merupakan balok menerus di atas beberapa tumpuan dengan reduksi momen lentur maksimum adalah 80 %.

Momen maksimum akibat beban mati :

$$M_{x1} = 1/8 \cdot q_x \cdot (l)^2 \cdot 80 \% \dots\dots\dots(2.1)$$

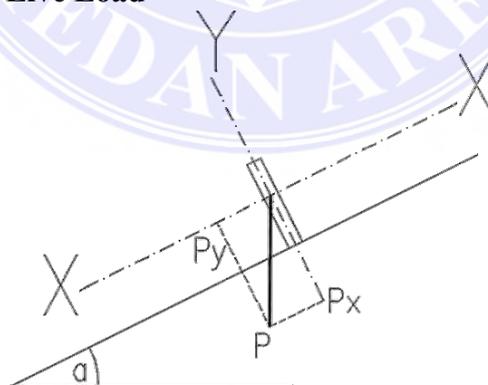
$$M_{y1} = 1/8 \cdot q_y \cdot (l)^2 \cdot 80 \% \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

$M_x$  : Momen maksimum arah  $x$

$M_y$  : Momen maksimum arah  $y$

**b. Beban Hidup / Live Load**



Gambar 2.10 Gaya yang bekerja pada beban hidup

Beban hidup adalah beban terpusat yang bekerja di tengah-tengah bentang gording, beban ini diperhitungkan jika ada orang yang bekerja di atas gording. Besarnya beban hidup diambil dari PPURG 1987,  $P = 100$  kg

Dimana :

$P_x$  : Beban hidup arah x

$P_y$  : Beban hidup arah y

Momen yang timbul akibat beban terpusat dianggap *Continuous Beam*

Momen maksimum akibat beban hidup

$$M_{x2} = (1/4 \cdot P_x \cdot l) \cdot 80 \%$$

$$M_{y2} = (1/4 \cdot P_y \cdot l) \cdot 80 \%$$

### c. Kontrol Tegangan

Akibat Beban Mati + Beban Hidup

$$\sigma = \frac{M_x}{W_y} + \frac{M_y}{W_x} \leq \bar{\sigma} = 1666 \text{ kg/cm}^2$$

Dimana :

$\sigma$  : Tegangan yang bekerja

$\bar{\sigma}$  : Tegangan ijin maksimal

$W_x$  : Beban arah x

$W_y$  : Beban arah y

### d. Kontrol Lendutan

Lendutan yang diijinkan untuk stiffner (pada arah x terdiri 2 wilayah yang ditahan oleh plat badan cetakan)

$$f_x = \frac{5 \cdot q_x \cdot (1/2)^4}{348 \cdot E \cdot I_y} + \frac{1 \cdot P_x \cdot (\frac{1}{2})^4}{48 \cdot E \cdot I_y}$$

$$f_y = \frac{5 \cdot q_y \cdot (1/2)^4}{348 \cdot E \cdot I_x} + \frac{1 \cdot P_y \cdot (\frac{1}{2})^4}{48 \cdot E \cdot I_x}$$

Dimana :

$f_x$  : lendutan arah x

$f_y$  : lendutan arah y

$E$  : modulus elastisitas

$I_x$  : Momen inersia penampang x

$I_y$  : momen inersia penampang y

## 2.6. Sambungan

### 2.6.1. Sambungan Baut

Jenis baut yang dapat digunakan adalah baut yang jenisnya ditentukan dalam SII (0589-81, 0647-91 dan 0780-83, SII 0781-83) atau SNI (0541-89-A, 0571-89-A, dan 0661-89-A) yang sesuai, atau penggantinya.

Tegangan-tegangan yang diizinkan dalam menghitung kekuatan baut adalah sebagai berikut.

Tegangan geser yang diizinkan :

$$\bar{\tau} = 0,6 \bar{\sigma}$$

Tegangan tarik yang diizinkan :

$$\bar{\sigma}_{ta} = 0,7 \bar{\sigma}$$

Kombinasi tegangan geser dan tegangan tarik yang diizinkan :

$$\sigma_1 = \sqrt{\sigma + 1,56\tau^2} \leq \bar{\sigma}$$

Tegangan tumpu yang diizinkan :

$$\bar{\sigma}_{tu} = 1,5 \bar{\sigma} \text{ untuk } s_1 \geq 2a$$

$$\bar{\sigma}_{tu} = 1,2 \bar{\sigma} \text{ untuk } 1,5d \leq s_1 < 2d$$

Dimana :

$s_1$  = jarak dari sumbu baut yang paling luar ke tepi bagian yang disambung.

$d$  = diameter baut.

$\bar{\sigma}$  = tegangan dasar, di mana persamaan

### 2.6.2. Sambungan Las

Pengelasan harus memenuhi standar SII yang berlaku (2441-89, 2442-89, 2443-89, 2444-89, 2445-89, 2446-89, dan 2447-89), atau penggantinya.

#### A. Las Tumpul

Pada suatu pelaksanaan yang baik, dimana penampang las sesuai dengan penampang batang, tegangan pada las sama dengan tegangan pada batang, sehingga apabila batang itu telah cukup kuat, maka las itu tidak perlu dihitung lagi.

## B. Las Sudut

- a. Panjang netto las adalah :

$$L_n = L_{\text{brutto}} - 3a$$

- b. Panjang netto las tidak boleh kurang dari 40 mm atau 8a 10 kali tebal teras batang las.
- c. Panjang netto las tidak boleh lebih dari 40 kali tebal las. Apabila ternyata diperlukan panjang netto las yang lebih dari 40 kali tebal las, sebaiknya dibuat las yang terputus-putus ( las terputus ).
- d. Untuk las terputus pada batang tekan, jarak antara bagian-bagian las itu tidak boleh melebihi 16 t atau 30 cm, sedangkan pada batang tarik, jarak itu tidak boleh melebihi 24 t atau 30 cm, dimana t adalah tebal terkecil dari elemen yang dilas.
- e. Las terputus tidak diperkenankan jika dikhawatirkan terjadi pengkaratan pada permukaan bidang kontak dibagian yang tidak ada lasnya, atau pada elemen yang dipengaruhi gaya getar.
- f. Tebal las sudut tidak boleh lebih dari  $\frac{1}{2} t$  , dimana t adalah tebal terkecil pelat yang dilas. 2
- g. Apabila gaya P yang ditahan oleh las membentuk sudut  $\alpha$  dengan bidang retak las.

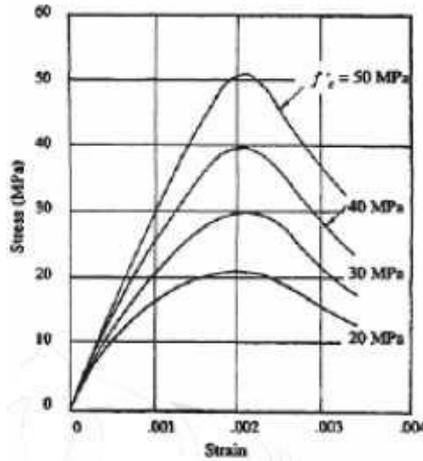
## 2.7. Pengertian Balok *Prestress*

Balok beton merupakan material yang lemah menahan gaya tarik tetapi kuat menahan gaya tekan. Kuat tarik beton bervariasi mulai dari 8 sampai 14 persen dari kuat tekannya. Rendahnya kapasitas tarik beton menimbulkan terjadinya retak lentur pada taraf pembebanan yang masih rendah. Untuk mengurangi atau mencegah berkembangnya retak tersebut, gaya konsentris atau eksentris diberikan dalam arah longitudinal elemen struktural.

Gaya longitudinal tersebut disebut gaya *Prestress*, yaitu gaya tekan yang memberikan *Prestress* pada penampang di sepanjang bentang suatu elemen structural sebelum bekerjanya beban mati dan beban hidup transversal atau beban hidup horizontal transien. Gaya *Prestress* ini berupa tendon yang diberikan tegangan awal sebelum memikul beban kerjanya yang berfungsi mengurangi atau menghilangkan tegangan tarik pada saat beton mengalami beban kerja, menggantikan tulangan tarik pada struktur beton bertulang biasa.

Beton *Prestress* adalah material yang sangat banyak digunakan dalam konstruksi. Beton *Prestress* pada dasarnya adalah beton di mana tegangan-tegangan internal dengan besar serta distribusi yang sesuai diberikan sedemikian rupa sehingga tegangan-tegangan yang diakibatkan oleh beban-beban luar dilawan sampai suatu tingkat yang diinginkan. Beton yang digunakan dalam beton *Prestress* adalah beton yang mempunyai kuat tekan yang cukup tinggi dengan nilai  $f'_c$  min K-300, modulus elastis yang tinggi dan mengalami rangkai *ultimate* yang lebih kecil yang menghasilkan kehilangan *Prestress* yang lebih kecil pada baja.

Kuat tekan yang tinggi ini diperlukan untuk menahan tegangan tekan pada serat tertekan, pengangkutan tendon, mencegah terjadinya keretakan. Tipikal diagram tegangan-regangan beton dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.11 Diagram Tegangan-Regangan pada Beton

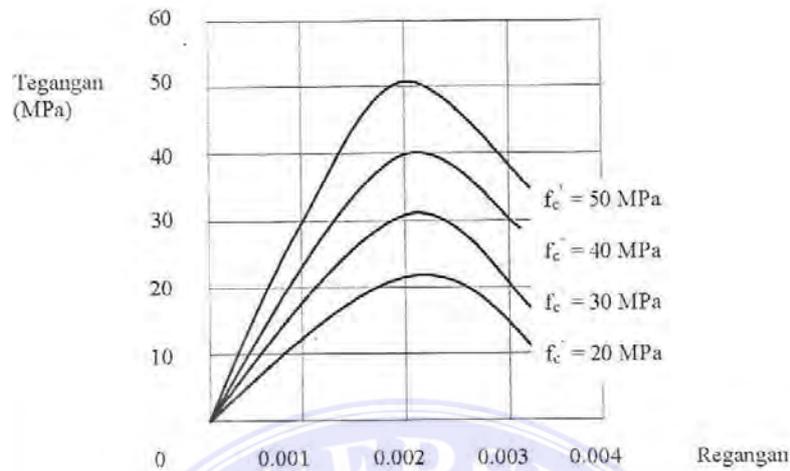
## 2.8. Material Balok *Prestress*

### a. Beton

Beton adalah campuran dari semen, air, dan agregat serta suatu bahan tambahan. Setelah beberapa jam dicampur, bahan-bahan tersebut akan langsung mengeras sesuai bentuk pada waktu basah. Campuran tipikal untuk beton dengan perbandingan berat agregat kasar 44 %, agregat halus 31 %, semen 18 %, dan air 7 %. Kekuatan beton ditentukan oleh kuat tekan karakteristik ( $f'_c$ ) pada usia 28 hari. Kuat tekan karakteristik adalah tegangan yang melampaui 95 % dari pengukuran kuat tekan uniaksial yang diambil dari tes penekana standar, yaitu dengan kubus berukuran 150 mm x 150 mm, atau silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.

Beton yang digunakan untuk beton prategang adalah yang mempunyai kekuatan tekan yang cukup tinggi dengan nilai  $f'_c$  antara 30-45 Mpa. Kuat tekan yang tinggi diperlukan untuk menahan tegangan tekan pada serat tertekan, pengangkutan tendon, mencegah terjadinya keretakan, mempunyai modulus

elastisitas yang tinggi dan mengalami rangkak lebih kecil. Tipikal diagram tegangan-regangan beton dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.12 Tipikal diagram tegangan regangan beton

Kuat tarik beton mempunyai harga yang jauh lebih rendah dari kuat tekannya. Untuk tujuan desain, SNI 2002 menetapkan kuat tarik beton sebesar  $t_s = 0,5$

---

$f_c'$  sedangkan ACI 318 sebesar  $t_s = 0,6$

---

$f_c'$ . Perubahan bentuk (*deformation*) pada beton adalah langsung dan tergantung waktu (*time dependent*). Pada beban tetap, perubahan bentuk bertambah dengan waktu dan jauh lebih besar dibanding harga langsungnya. Pengembangan regangan sepanjang waktu disebabkan oleh susut (*shrinkage*) dan rangkak (*creep*). Susut tidak disebabkan oleh tegangan, tetapi merupakan akibat dari hilangnya air dalam proses pengeringan beton, sementara rangkak disebabkan oleh bekerjanya tegangan. Susut dan rangkak menyebabkan perubahan bentuk aksial, kelengkungan (*curvature*) pada penampang, kehilangan tegangan, redistribusi tegangan lokal antara beton dan baja, serta redistribusi aksi internal pada struktur statis tak tentu. Susut dan rangkak juga bisa mengakibatkan retak yang dapat mempengaruhi kemampuan layan dan

keawetan struktur. Jumlah regangan pada struktur pada waktu t adalah penjumlahan dari regangan langsung, susut dan rangkai, atau:

$$\varepsilon_e(t) = \varepsilon_e(t) + \varepsilon_c(t) + \varepsilon_{sh}(t)$$

Regangan langsung (*instant*) dari beton dinyatakan dengan:

$$\varepsilon_e(t) = \frac{\sigma(t)}{E_c}$$

Nilai modulus elastisitas beton bertambah dengan waktu ketika beton bertambah kekuatan dan kekakuannya. Tetapi untuk tujuan praktis, nilai modulus elastisitas adalah tetap sepanjang waktu. Menurut SNI 2002, besarnya harga modulus elastisitas beton  $E_c$  dapat ditentukan dengan persamaan:

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c}$$

Banyak faktor yang mempengaruhi besar dan kecepatan pengembangan rangkai. Faktor tersebut adalah kualitas campuran beton dan masing-masing komponennya. Rangkai juga dipengaruhi oleh lingkungan. Rangkai bertambah ketika kelembaban relative berkurang. Rangkai juga lebih besar pada komponen struktur yang mempunyai permukaan yang luas dan tipis seperti pelat. Nilai rangkai juga besar di permukaan dimana pengeringan berlangsung lebih cepat.

Susut terjadi ketika proses pengeringan dimulai dan berlangsung terus-menerus sepanjang waktu dengan kecepatan menurun. Susut mencapai harga akhir ketika waktu mencapai tak terhingga. Faktorfaktor yang mempengaruhi susut adalah kelembaban relatif, karakteristik campuran beton, rasio air dan semen, ukuran dan bentuk dari komponen struktur. Susut bertambah ketika kelembaban relatif dari udara sekitar berkurang. Beton yang mempunyai rasio awal air semen tinggi akan menyusut lebih daripada beton dengan rasio awal air semen yang rendah. Komponen

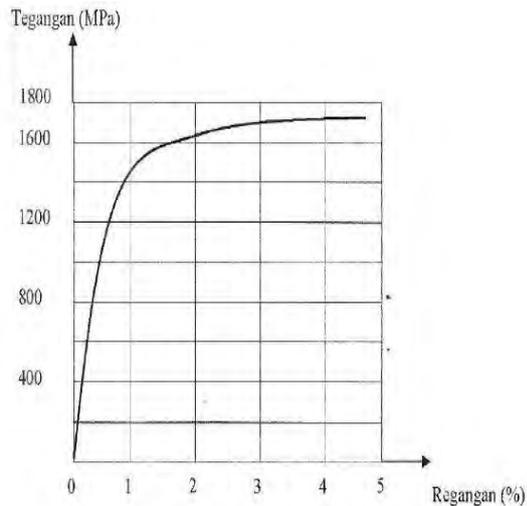
struktur dengan permukaan yang luas dan ketebalan yang kecil seperti pelat atau dinding akan menyusut lebih cepat.

## **b. Baja**

Baja yang dipakai untuk beton prategang dalam praktek ada empat macam, antara lain:

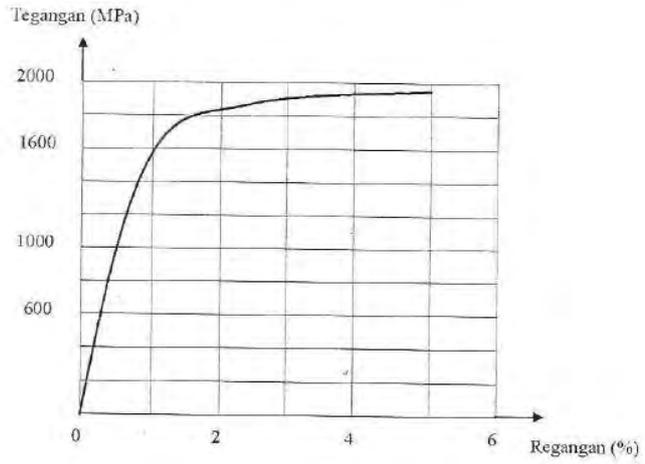
- 1) Kawat tunggal (*wires*), biasanya digunakan untuk baja prategang pada beton prategang dengan siste pratarik.
- 2) Untaian kawat (*strand*), biasanya digunakan untuk baja prategang pada beton prategang dengan sistem pascatarik.
- 3) Kawat batangan (*bars*), biasanya digunakan untuk baja prategang pada beton prategang dengan sistem pratarik.
- 4) Tulangan biasa, sering digunakan untuk tulangan non-prategang (tidak ditarik), seperti tulangan memanjang, sengkang, tulangan untuk pengungkuran, dan lain-lain.

Kawat tunggal yang dipakai untuk beton prategang adalah yang sesuai dengan spesifikasi seperti ASTM A 421 di Amerika Serikat. Ukuran dari kawat tunggal bervariasi dengan diameter antara 3 – 8 mm, dengan tegangan tarik ( $f_p$ ) antara 1500 – 1700 Mpa, dengan modulus elastisitasnya  $E_p = 200 \times 10^3$  Mpa. Untuk tujuan desain, teganga leleh dapat diambil sebesar 0,85 dari tegangan tariknya ( $0,85 f_p$ ). Tipikal diagram tegangan regangan dari kawat tunggal dapat dilihat pada gambar berikut,

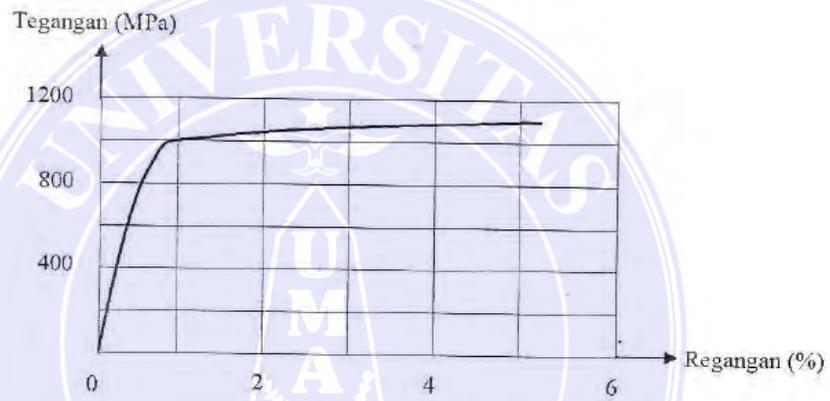


Gambar 2.13 Diagram tegangan regangan kawat tunggal

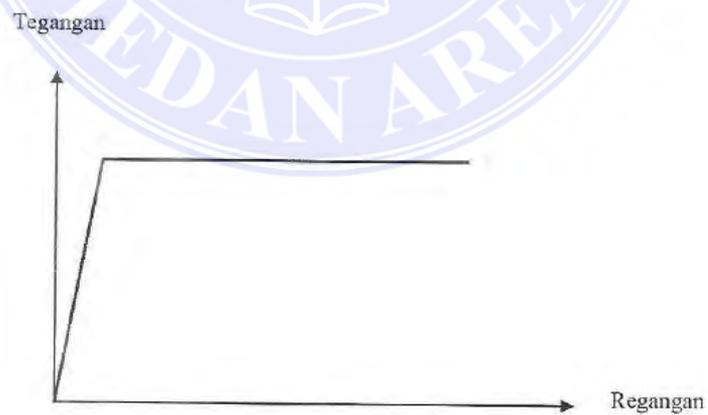
Untaian kawat (*strand*) banyak digunakan untuk beton prategang dengan sistem pascatarik. Untaian kawat yang dipakai harus memenuhi syarat seperti yang terdapat pada ASTM A 416. Untaian kawat yang banyak digunakan adalah untaian tujuh kawat (*seven wire strand*) dengan dua kualitas: Grade 250 dan Grade 270 (seperti di Amerika Serikat). Diameter untaian kawat bervariasi antara 7,9 – 15,2 mm. Tegangan tarik ( $f_p$ ) untaian kawat adalah antara 1750 – 1860 Mpa. Nilai modulus elastisitasnya,  $E_p = 195 \times 10^3$  Mpa. Untuk tujuan desain, nilai tegangan leleh dapat diambil 0,85 kali tegangan tariknya (0,85  $f_p$ ). Tipikal diagram tegangan regangan untuk untaian kawat dapat dilihat pada gambar di bawah. Selain tipe kawat tunggal dan untaian kawat, untuk baja prategang juga digunakan kawat batangan dari bahan alloy (*High Strength Alloy Steel Bars*) yang sesuai dengan spesifikasi ASTM A722 di Amerika Serikat. Baja batangan tersedia dengan diameter antara 8 - 35 mm. Tegangan tarik ( $f_p$ ) baja =  $170 \times 10^3$  Mpa. Untuk tujuan desain, tegangan leleh dapat diambil sebesar 0,85 kali tegangan tariknya (0,85  $f_p$ ). Tipikal diagram tegangan regangan baja batangan dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.14 Diagram tegangan regangan untai kawat



Gambar 2.15 Diagram tegangan regangan baja batangan



Gambar 2.16 Diagram tegangan regangan tulang biasa

**Tabel 2.1 Tipikal Baja Prategang**

Jenis Material	Diameter (mm)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Beban Putus (kN)	Tegangan Tarik (Mpa)
Kawat Tunggal	3	7,1	13,5	1900
(Wire)	4	12,6	22,1	1750
	5	19,6	31,4	1600
	7	38,5	57,8	1500
	8	50,3	70,4	1400
Untaian Kawat	9,3	54,7	102	1860
(Strand)	12,7	100	184	1840
	15,2	143	250	1750
Kawat Batangan	23	415	450	1080
(Bar)	26	530	570	1080
	29	660	710	1080
	32	804	870	1080
	38	1140	1230	1080

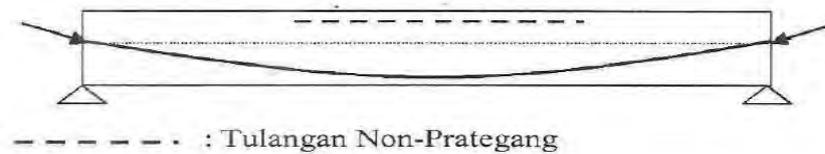
**c. Tulangan Non-Prategang**

Tulangan non-prategang secara praktis tetap diperlukan untuk suatu penampang beton prategang. Jika tendon difungsikan untuk menahan bagian utama beban, mengurangi defleksi, maka tulangan non-prategang berfungsi untuk menahan terjadinya retak, menambah kekuatan *ultimate*, serta menambah kekuatan terhadap beban yang tidak diharapkan.

Tulangan non-prategang dapat diletakkan di berbagai posisi untuk berbagai tujuan dan untuk membantu menahan beban salam berbagai kondisi pembebanan.

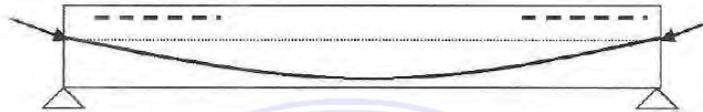
Penggunaan tulangan non-prategang diantaranya adalah:

1. Untuk menahan tegangan tarik di serat atas pada tengah bentang.



Gambar 2.17 Tulangan non-prategang di tengah bentang

2. Untuk menahan tegangan tarik di serat atas pada tepi bentang.



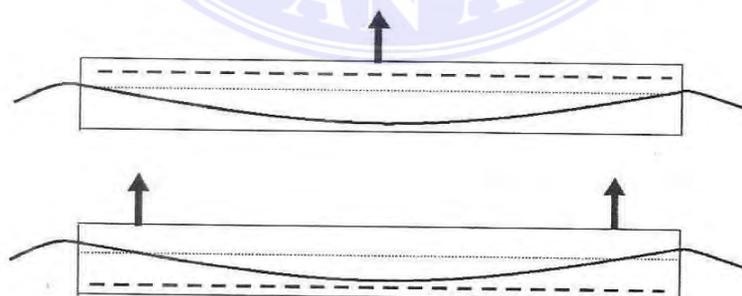
Gambar 2.18 Tulangan non-prategang di tepi bentang

3. Untuk menahan tegangan tarik di dekat tendon jika dimensi beton tidak cukup kuat.



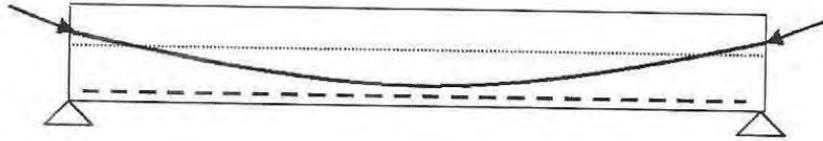
Gambar 2.19 Tulangan non-prategang penahan tekan

4. Untuk menahan beban lentur selama balok dipindahkan sebelum dilakukan *stressing*.



Gambar 2.20 Tulangan non-prategang penahan lentur

5. Untuk menahan retak dan menambah kekuatan penampang setelah retak.



Gambar 2.21 Tulangan non-prategang penahan retak

Desain tulangan non-prategang hampir tidak mungkin dilakukan dengan menggunakan pendekatan teoritis, seperti teori elastisitas. Pada saat terjadi tegangan elastis pada penampang, tegangan tarik sangat kecil sehingga tulangan non-prategang tidak efektif menahan beban. Hampir seluruh beban diterima langsung oleh tendon. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 2002) memberikan petunjuk tentang rasio tulangan non-prategang terhadap tulangan prategang pada Pasal 20.8 dan tulangan lekatan minimum untuk struktur tanpa lekatan (*non bonded structures*) pada Pasal 20.9. Untuk tulangan non-prategang, perencanaannya lebih banyak ditentukan oleh kondisi lokasi serta fungsinya.

## 2.9. Pemakaian Balok *Prestress*

Baja (*tendon*) yang dipakai untuk beton *Prestress* dalam prakteknya ada tiga macam, yaitu :

- a. Kawat tunggal (*wires*), biasanya digunakan untuk baja *Prestress* pada beton *Prestress* dengan sistem pratarik (*pre-tension*)
- b. Kawat untaian (*strand*), biasanya digunakan untuk baja *Prestress* pada beton *Prestress* dengan sistem pasca tarik (*post-tension*)
- c. Kawat batangan (*bar*), biasanya digunakan untuk baja *Prestress* pada beton *Prestress* dengan sistem pratarik (*pre-tension*)

Pada tabel 2.2 di bawah akan ditunjukkan tipikal baja yang biasa digunakan.

### 2.9.1. Prinsip Dasar *Prestress*

Pemberian gaya *Prestress* ditentukan berdasarkan jenis sistem yang dilaksanakan dan panjang bentang serta kelangsingan yang dikehendaki. Gaya *Prestress* yang diberikan secara longitudinal di sepanjang atau sejajar dengan sumbu komponen struktur, maka prinsip-prinsip *Prestress* dikenal sebagai pemberian *Prestress* linier.

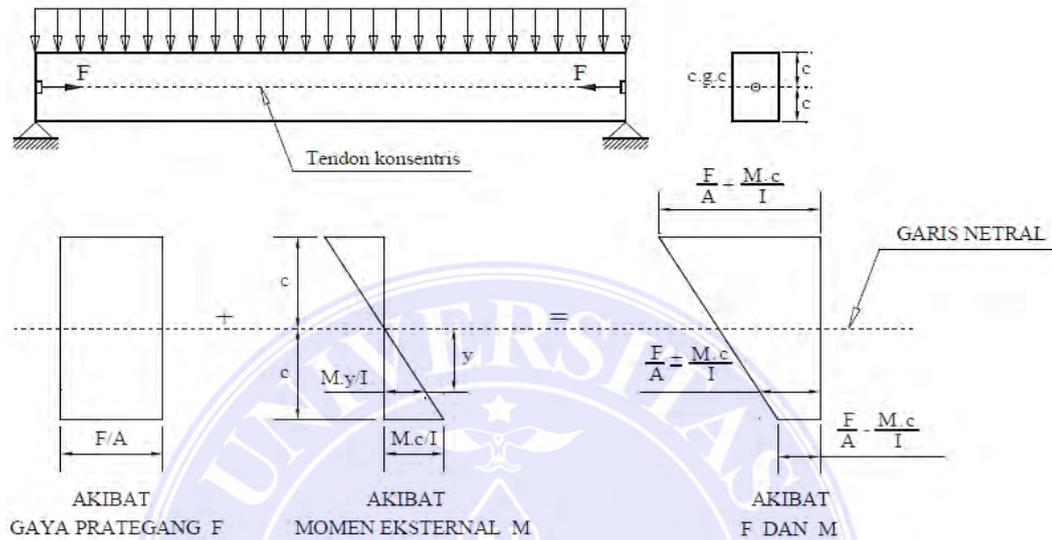
Pemberian gaya *Prestress* dapat dilakukan sebelum atau sesudah beton dicor. Pemberian *Prestress* yang dilakukan sebelum pengecoran disebut sistem pratarik (*pre-tensioned*), sedangkan pemberian *Prestress* setelah dilakukan pengecoran disebut sistem pascatarik (*post-tensioned*). Pemberian gaya *Prestress* pada beton akan memberikan tegangan tekan pada penampang.

Tegangan ini akan menahan beban luar yang bekerja pada penampang. Beton *Prestress* sendiri dapat mengalami gaya *Prestress* penuh (*fully stressed*) atau gaya *Prestress* sebagian (*partial stressed*). *Prestress* penuh adalah struktur tidak diizinkan ada tegangan tarik pada penampang baik pada tahap transfer sampai dengan masa layan dan tegangan pada serat bawah dianggap tidak ada. Sedangkan *Prestress* sebagian adalah penampang struktur direncanakan untuk dapat menerima tegangan tarik pada lokasi penampang selama masa transfer sampai masa layan dan tegangan serat bawah tidak sama dengan nol.

Ada tiga konsep berbeda yang dipakai untuk menjelaskan dan menganalisis sifatsifat dasar dari beton *Prestress* :

- a. Konsep pertama, sistem *Prestress* untuk mengubah beton menjadi bahan yang elastis. Ini merupakan buah pemikiran Eugene Freyssinet yang memvisualisasikan beton *Prestress* pada dasarnya adalah beton yang ditransformasikan dari bahan yang getas menjadi bahan elastis dengan memberikan tekanan (desakan) terlebih

dahulu (pratekan) pada bahan tersebut. Dari konsep ini lahirlah kriteria “tidak ada tegangan tarik” pada beton. Pada umumnya telah diketahui bahwa jika tidak ada tegangan tarik pada beton. Berarti tidak akan terjadi retak, dan beton tidak merupakan bahan yang getas lagi melainkan berubah menjadi bahan yang elastis.



Gambar 2.22 Distribusi Tegangan Beton *Prestress*

Dalam bentuk yang paling sederhana, ambillah balok persegi panjang yang diberi gaya *Prestress* oleh sebuah tendon sentris. Akibat gaya *Prestress*  $F$ , akan timbul tegangan tekan merata seperti pada gambar 2.6.

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (2.1)$$

Akibat beban merata (termasuk berat sendiri beton) akan memberikan tegangan tarik di bawah garis netral dan tegangan tekan di atas garis netral yang besarnya pada serat terluar penampang adalah :

$$f = \frac{M \cdot c}{I} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana

$M$  = Momen lentur pada penampang yang ditinjau

$c$  = Jarak garis netral ke serat terluar penampang

$I$  = Momen Inersia Penampang

Kalau kedua tegangan akibat gaya *Prestress* dan tegangan akibat momen lentur ini dijumlahkan, maka tegangan maksimum pada serat terluar penampang adalah:

Di atas garis netral:

$$f_{Total} = \frac{F}{A} + \frac{M.c}{I} \text{ (tidak boleh melampaui tegangan hancur beton)... (2.3)}$$

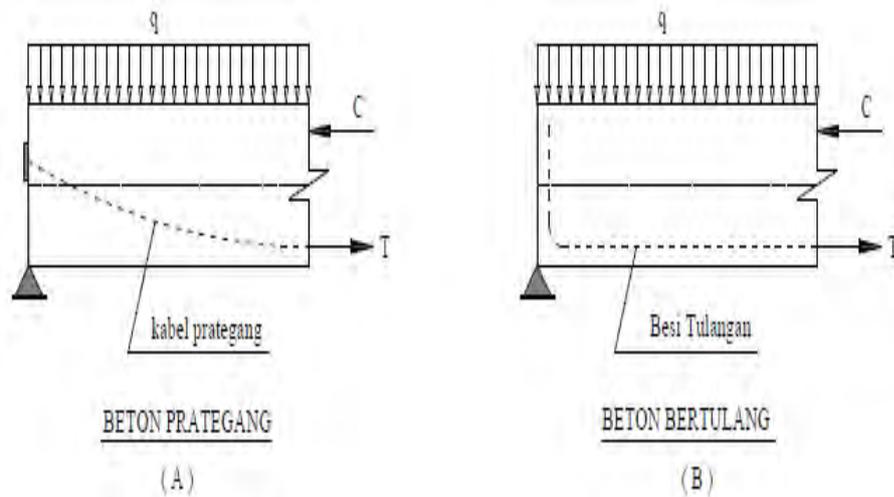
Di bawah garis netral:

$$f_{Total} = \frac{F}{A} + \frac{M.v}{I} \text{ (tidak boleh } < 0 \text{) ..... (2.4)}$$

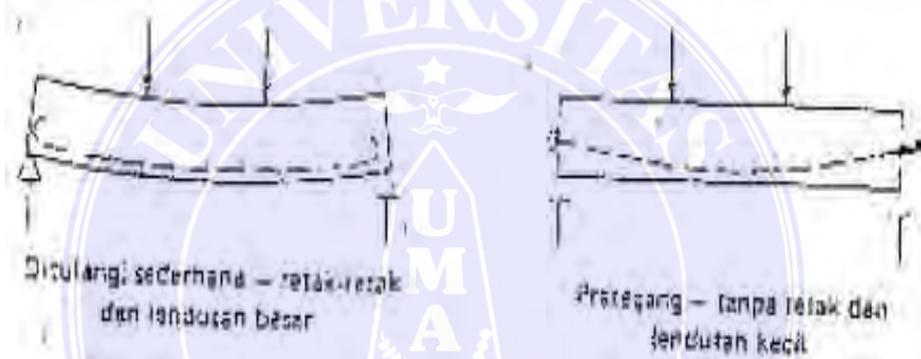
Jadi dengan adanya gaya internal tekan ini, maka beton akan dapat memikul beban tarik.

b. Konsep kedua, sistem *Prestress* untuk kombinasi baja mutu tinggi dengan beton.

Konsep ini mempertimbangkan beton *Prestress* sebagai kombinasi (gabungan) dari baja dan beton, seperti pada beton bertulang, dimana baja menahan tarikan dan beton menahan tekanan, dengan demikian kedua bahan membentuk kopel penahan untuk melawan momen eksternal (gambar 2.7). Pada beton *Prestress*, baja mutu tinggi ditanam pada beton, seperti pada beton bertulang biasa, beton di sekitarnya akan menjadi retak berat sebelum seluruh kekuatan baja digunakan (gambar 2.8). Oleh karena itu, baja perlu ditarik sebelumnya (pratarik) terhadap beton. Dengan menarik dan menjangkarkan ke beton dihasilkan tegangan dan regangan pada baja. Kombinasi ini memungkinkan pemakaian yang aman dan ekonomis dari kedua bahan dimana hal ini tidak dapat dicapai jika baja hanya ditanamkan dalam bentuk seperti pada beton bertulang biasa.

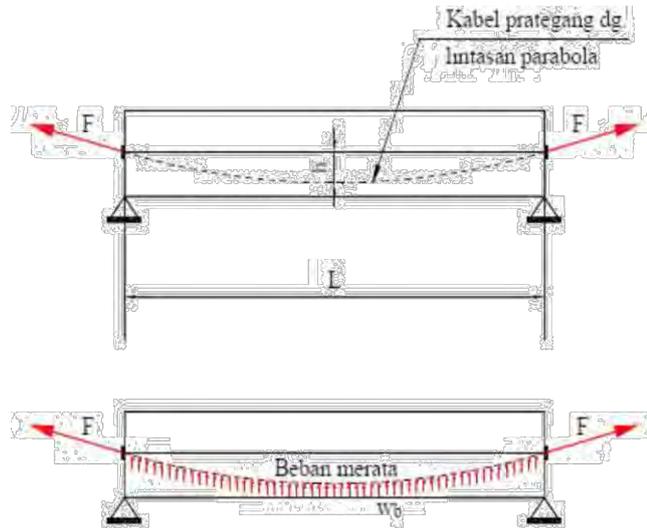


Gambar 2.23 Momen Penahan Internal Pada Balok Beton *Prestress* dan Beton Bertulang



Gambar 2.24 Balok Beton menggunakan Baja Mutu Tinggi

- c. Konsep ketiga, sistem *Prestress* untuk mencapai keseimbangan beban. Konsep ini terutama menggunakan *Prestress* sebagai suatu usaha untuk membuat keseimbangan gaya-gaya pada sebuah balok. Penerapan dari konsep ini menganggap beton diambil sebagai benda bebas dan menggantikan tendon dengan gaya-gaya yang bekerja pada sepanjang beton.



Gambar 2.25 Balok *Prestress* dengan Tendon Parabola

Suatu balok beton di atas dua perletakan (simple beam) yang diberi gaya *Prestress*  $F$  melalui suatu kabel *Prestress* dengan lintasan parabola. Beban akibat gaya *Prestress* yang terdistribusi secara merata ke arah atas dinyatakan ;

$$W_b = \frac{8.F.h}{L^2} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana:

- $W_b$  = Beban merata kearah atas, akibat gaya *Prestress*  $F$
- $h$  = Tinggi parabola lintasan kabel *Prestress*
- $L$  = Bentangan Balok
- $F$  = Gaya *Prestress*

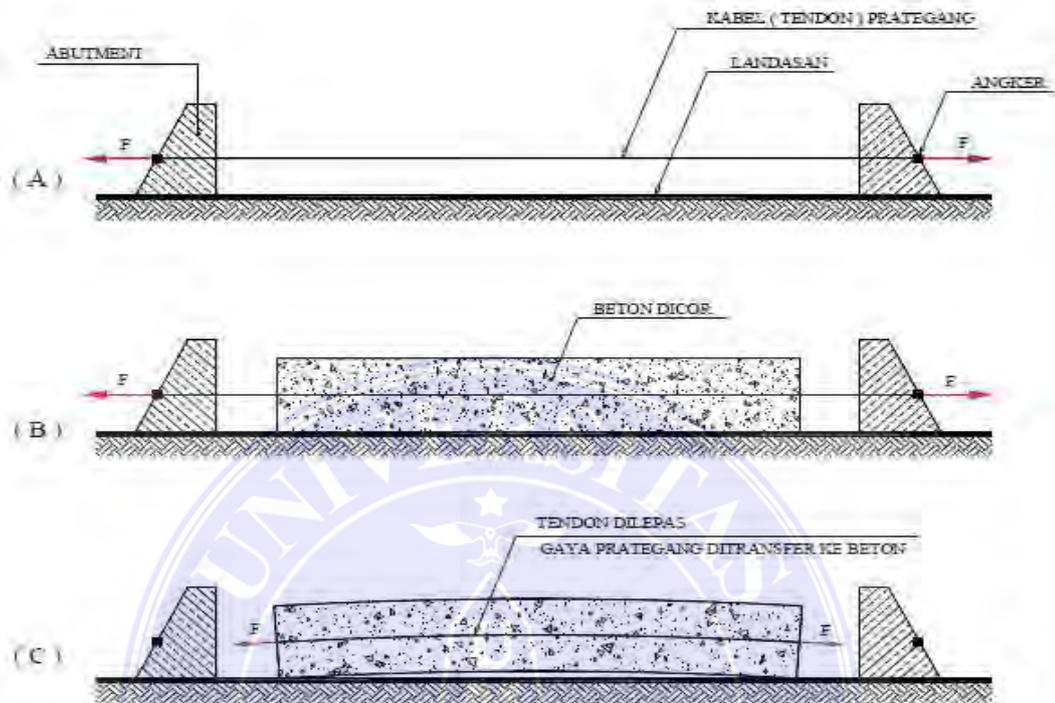
Jadi beban merata akibat beban (mengarah ke bawah) diimbangi oleh gaya merata akibat *Prestress* yang mengarah ke atas.

### 2.9.2. Metode *Prestress*

Ada dua jenis metode pemberian gaya *Prestress* pada beton, yaitu :

- a. Metode Pratarik (*Pre-Tension Method*)

Metode ini yaitu baja *Prestress* diberi gaya *Prestress* dulu sebelum beton dicor, oleh karena itu disebut metode pratarik. Adapun prinsip pratarik secara singkat dijelaskan seperti pada gambar 2.26



Gambar 2.26 Prinsip Metode Pratarik

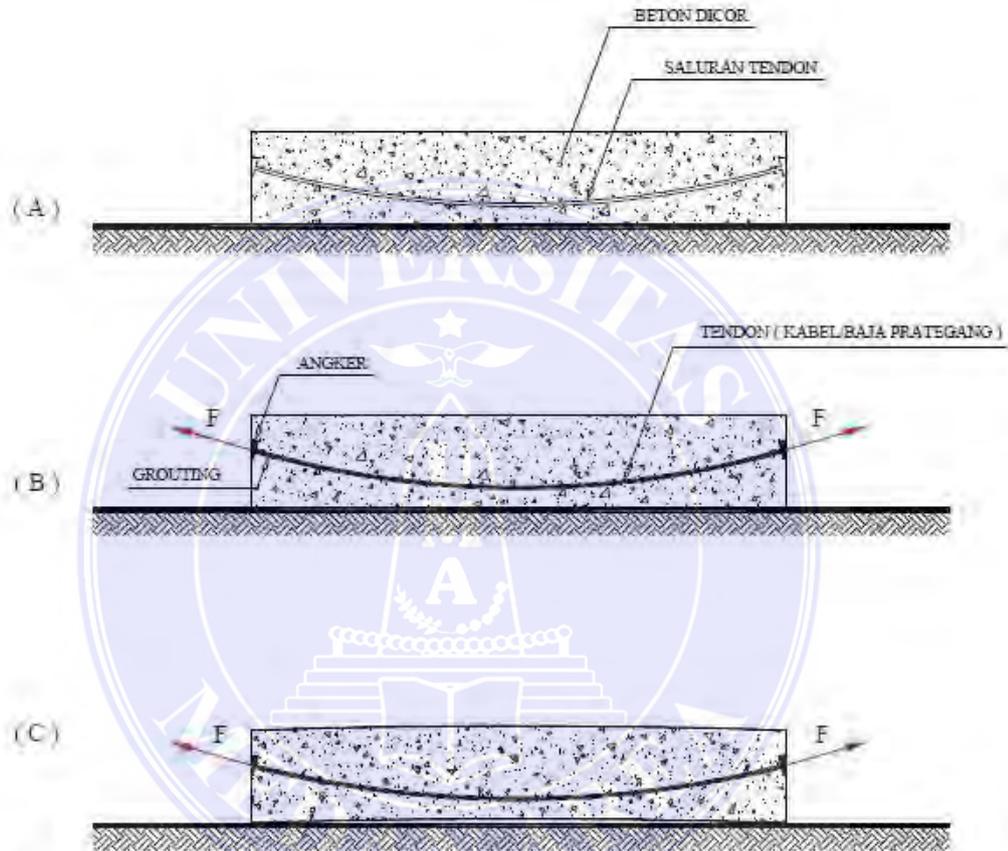
Tahap (A) : Kabel (tendon) *Prestress* ditarik atau diberi gaya *Prestress* kemudian diangker pada suatu *abutment* tetap.

Tahap (B) : Beton dicor pada cetakan (*formwork*) dan landasan yang sudah disediakan sedemikian sehingga melingkupi tendon yang sudah diberi gaya *Prestress* dan dibiarkan mengering.

Tahap (C) : Setelah beton mengering dan cukup umur dan kuat untuk menerima gaya *Prestress*, tendon dipotong dan dilepas, sehingga gaya *Prestress* ditransfer ke beton. Setelah gaya *Prestress* ditransfer ke beton, balok beton tersebut akan melengkung ke atas sebelum menerima beban kerja. Setelah beban kerja bekerja, maka balok beton tersebut akan rata.

b. Metode Pascatarik (*Post-Tension Method*)

Pada metode pascatarik, beton dicor terlebih dahulu, dimana sebelumnya telah disiapkan saluran kabel atau tendon yang disebut *duct*. Metode pascatarik dapat dijelaskan secara singkat seperti pada gambar 2.27.



Gambar 2.27 Prinsip Metode Pascatarik

Tahap (A) : Dengan cetakan (*formwork*) yang telah disediakan lengkap dengan saluran/selongsong kabel *Prestress* (*tendon duct*) yang dipasang melengkung sesuai bisang momen balok, beton dicor.

Tahap (B) : Setelah beton cukup umur dan kuat memikul gaya *Prestress*, tendon atau kabel *Prestress* dimasukkan dalam selongsong (*tendon duct*), kemudian ditarik untuk mendapat gaya *Prestress*. Metode pemberian gaya *Prestress* ini, salah satu ujung kabel diangker,

kemudian ujung lainnya ditarik (ditarik dari satu sisi). Ada pula yang ditarik di kedua sisinya dan diangker secara bersamaan. Setelah diangkur, kemudian saluran di *grouting* melalui lubang yang telah disediakan.

Tahap (C) : Setelah diangkur, balok beton menjadi tertekan, jadi gaya *Prestress* telah ditransfer ke beton. Karena tendon dipasang melengkung, maka akibat gaya *Prestress* tendon memberikan beban merata ke balok yang arahnya ke atas, akibatnya balok melengkung ke atas. Karena alasan transportasi dari pabrik beton ke lokasi proyek, maka biasanya beton *Prestress* dengan sistem post-tension ini dilaksanakan secara segmental (balok dibagi-bagi, misalnya dengan panjang 1-1,5 m), kemudian pemberian gaya *Prestress* dilaksanakan di lokasi proyek, setelah balok segmental tersebut dirangkai.

### **2.9.3. Tahap Pembebanan**

Tidak seperti pada perencanaan beton bertulang biasa, pada perencanaan beton *Prestress* ada dua tahap pembebanan yang harus dianalisa. Pada setiap tahap pembebanan harus selalu diadakan pengecekan atas kondisi pada bagian yang tertekan maupun bagian yang tertarik untuk setiap penampang. Dua tahap pembebanan pada beton *Prestress* yaitu tahap transfer dan tahap layan (*service*).

#### **a. Tahap transfer**

Untuk metode pratarik, tahap transfer ini terjadi pada saat angker dilepas dan gaya *Prestress* ditransfer ke beton. Untuk metode pascatarik, tahap transfer ini terjadi

pada saat beton sudah cukup umur dan dilakukan penarikan kabel *Prestress*. Pada saat ini beban yang bekerja hanya berat sendiri struktur, beban pekerja dan peralatan, sedangkan beban hidup belum bekerja sepenuhnya, jadi beban yang bekerja sangat minimum. Sementara gaya *Prestress* yang bekerja adalah maksimum karena belum ada kehilangan gaya *Prestress*.

b. Tahap layan

Setelah beton *Prestress* digunakan atau difungsikan sebagai komponen struktur, maka mulailah masuk ke tahap *service* atau tahap layan dari beton *Prestress* tersebut. Pada tahap ini beban luar seperti *live load*, angin, gempa, dan lain-lain mulai harus bekerja, sedangkan pada tahap ini semua kehilangan gaya *Prestress* sudah harus dipertimbangkan di dalam analisa strukturnya.

#### 2.9.4. Kehilangan *Prestress*

Gaya *Prestress* pada beton mengalami proses reduksi yang progresif (pengurangan secara perlahan) sejak gaya *Prestress* awal diberikan. Pada dasarnya nilai masing-masing kehilangan gaya *Prestress* adalah kecil, tetapi apabila dijumlahkan dapat menyebabkan penurunan gaya yang cukup signifikan yaitu  $\pm 15\%$  -  $20\%$ , sehingga kehilangan gaya *Prestress* harus dipertimbangkan.

Beberapa hal yang harus diperhatikan untuk meminimalkan kehilangan gaya *Prestress* adalah :

- a. Mutu beton yang digunakan minimal 40 MPa untuk memperkecil rangkai.
- b. Tendon yang digunakan adalah mutu tinggi yang memiliki relaksasi rendah.

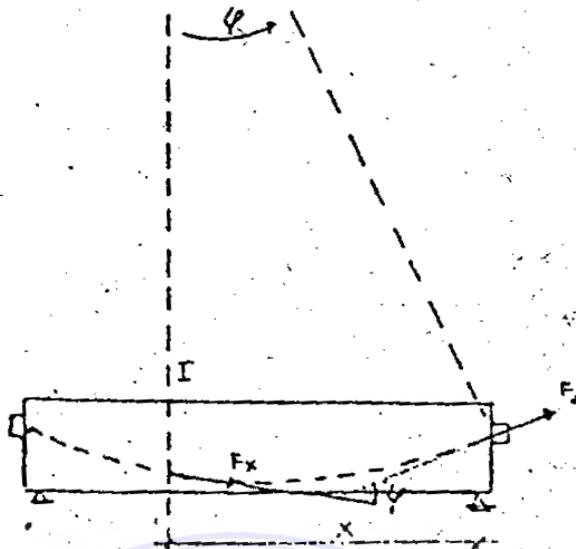
Secara umum, reduksi gaya *Prestress* dapat dikelompokkan menjadi dua kategori, yaitu:

- a. Kehilangan elastis segera yang terjadi pada saat proses fabrikasi atau konstruksi, termasuk perpendekan (deformasi) beton secara elastis, kehilangan karena pengangkuran dan kehilangan karena gesekan.
- b. Kehilangan yang bergantung pada waktu, seperti rangkai, susut dan kehilangan akibat efek temperatur dan relaksasi baja, yang semuanya dapat ditentukan pada kondisi limit tegangan akibat beban kerja di dalam beton *Prestress*.

Kehilangan gaya *Prestress* akibat gesekan antara tendon dan saluran beton sekitarnya dan juga sistem pengangkuran yang digunakan. Gesekan dalam saluran tendon disebabkan oleh :

- a. Gesekan fisis yang normal terjadi antara dua benda yang bergeser satu terhadap lainnya, dalam hal ini tendon yang bergerak terhadap dinding saluran yang diam, terutama pada tracee tendon berbentuk lengkung.
- b. Melendut-lendutnya letak saluran tendon disebut biasanya dengan efek goyangan (*Wobble effect*)
- c. Karatan-karatan yang terdapat pada tendons dan dinding saluran tendons yang terbuat dari baja.
- d. Kemungkinan adanya beton yang masuk (bocor) dalam saluran tendon.
- e. Kebersihan saluran.

Perhitungan berkurangnya *Prestressan* sampai sekarang merupakan cara pendekatan. Dalam garis besarnya hanya menghitung 2 (dua) macam gesekan yaitu : gesekan pada tendons (  $m$  ) yang melengkung dan *wobble effect* (  $k_1$  ).



Gambar 2.28 Penampang beton

*Prestressan* dalam penampang sejauh  $x$  dari jack dihitung dengan rumus EULER – COOLEY – MONTAGNON :

$$P_x = P_o \cdot e^{-(\mu \phi + kx)} \dots \dots \dots (2.6)$$

dimana :

- $m$  = Koefisien gesekan tendon terhadap salurannya.
- $j$  = Perubahan sudut lengkungan (radial)
- $k l$  = Koefisien *Wobble – Effect*
- $x$  = Panjang tendon dari tempat *Jack*

Rumus ini bisa mendekati keadaan sebenarnya bila dibarengi ketelitian pelaksanaan sedemikian sehingga sebab-sebab yang membesarkan gesekan diatas diperkecil, misalnya *Wobble – effect*, karatan, kebersihan dalam saluran.

## 2.9.5. Material dan Prinsip Dasar Balok *Prestress*

### (1) Beton

Beton yang digunakan untuk konstruksi beton prategang memiliki komposisi standar yaitu semen, air, agregat dan jika perlu ditambahkan admixture. Besar perbandingan antar ketiga bahan tersebut tergantung mutu beton yang akan dicapai. Beton untuk beton prategang biasanya merupakan beton bermutu tinggi. Menurut ACI, beton yang boleh mengalami prategang adalah beton yang telah berumur 28 hari dengan kuat tekan beton telah mencapai 30 sampai 40 MPa.

Besaran mekanis beton yang telah mengeras dapat dibedakan dalam dua kategori, besaran sesaat atau jangka pendek dan besaran jangka panjang. Besaran jangka pendek yaitu kuat tekan, tarik, geser, dan kuat yang diukur dengan modulus elastisitas. Sedangkan besaran jangka panjang yaitu rangkai dan susut beton.

#### a. Kuat tekan

Kuat tekan beton tergantung dari jenis campuran, besaran agregat, waktu dan kualitas perawatan. Beton dengan kekuatan tinggi jelas jauh lebih menguntungkan. Kuat tekan beton  $f'_c$  didasarkan pada pengujian benda uji silinder standar 6m x 12 in, yang diolah pada kondisi laboratorium standar dan diuji pada laju pembebanan tertentu selama 28 hari. Spesifikasi standar yang digunakan di Indonesia adalah dari SNI.

Untuk menentukan kekuatan beton pada t waktu pada umur beton 28 hari dengan menggunakan persamaan.

$$f'_c = \frac{t}{a + Bt} f'_c(28)$$

dengan :

$f'c(t)$  = kekuatan beton umur t hari

$f'c(28)$  = kekuatan beton usia 28 hari

Dan nilai  $\alpha$  &  $\beta$  pada tabel berikut

Tabel 2.2 Nilai  $\alpha$  &  $\beta$  [Gilbert, 1990]

Kondisi	$\alpha$	$\beta$
Normal Portland cement		
Beton moist cured	4.0	0.85
Beton steam cured	1.0	0.95
Hight early cement		
Beton moist cured	2.3	0.92
Beton steam cured	0.7	0.98

### b. Kuat tarik

Kuat geser lebih sulit ditentukan dengan cara eksperimental dibandingkan dengan pengujian – pengujian lainnya dikarenakan sulitnya untuk mengisolasi tegangan geser dari tegangan lainnya. Kontrol desain structural jarang didasarkan pada kuat geser karena besarnya kuat geser itu sendiri dibatasi secara kontiniu pada nilai yang lebih kecil untuk mencegah beton mengalami tarik diagonal.

## (2) Baja

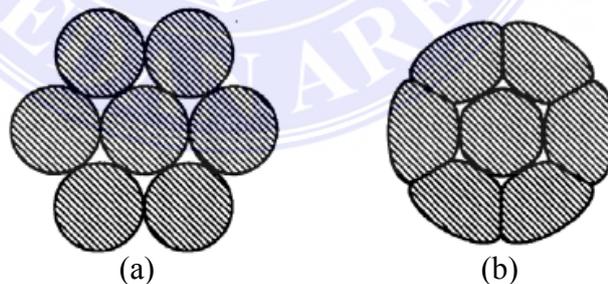
### a. Baja prategang

Baja pada konstruksi beton prategang merupakan penyebab terjadinya pemendekan pada beton dikarenakan pengaruh rangkai dan susut. Kehilangan gaya

prategang pada baja sesaat setelah penegangan pada baja akibat gesekan disepanjang tendon atau saat pengangkuran ujung (draw-in) akan mempengaruhi gaya prategang pada beton dengan angka yang cukup signifikan.

Untuk tujuan keefektifan desain, total kehilangan gaya prategang harus relatif kecil dibandingkan gaya prategang yang bekerja. Kondisi ini dipengaruhi oleh jenis baja prategang yang digunakan dalam konstruksi. Pada proyek ini baja yang digunakan adalah baja strand sebagai tulangan prategang dan baja tulangan biasa sebagai tulangan geser.

Baja yang digunakan sebagai tulangan prategang merupakan jenis uncoated stress relieve seven wire strand low relaxation. Baja strand merupakan jenis yang paling banyak digunakan untuk penegangan post-tension. Strand yang digunakan pada proyek ini sesuai spesifikasi ASTM A416. Baja strand difabrikasi dengan memuntir beberapa kawat secara bersamaan. Seven wire strand terdiri dari 7 (tujuh) untaian kawat, dengan posisi kawat 1 (satu) untaian di tengah dan 6 (enam) sisanya mengelilingi satu kawat pusat. *Strand low relaxation* digunakan untuk mencapai konstruksi yang efisien.



Gambar 2.29 Strand prategang 7 kawat (a) standard dan (b) yang dipadatkan

Kawat – kawat stress-relieved adalah kawat tunggal yang ditarik dingin yang sesuai dengan standart ASTM A421; stress-relieved strand mengikuti standart ASTM A 416. Standar terbuat dari tuju buah kawat dengan memuntir enam

diantaranya pada pitch sebesar 12 sampai 16 kali diameter disekeliling kawat harus yang sedikit lebih besar. Pada proyek ini digunakan baja strand dengan spesifikasi PC strand ASTM.

A416 / A416M – 1998 Grd 270 Low Relaxation, merek : Kingdom

Tabel 2.3 Spesifikasi kabel strand

ΓΡΑΔΕ	NOMINA ΔΙΑΜΕΤΕΡ (μμ)	ΤΟΛΕΡΑΝΣ Ε (μμ)	NOMINA Λ ΑΡΕΑ Ο Φ ΣΕΧΤΙ ΟΝ (μμ)	NOMINA Λ ΩΕΙΓΗ Τ Κγ/1000μ	MINIMY Μ ΒΡΕΑΚΙΝ Γ ΔΟΑΔ νοτ λασσ τηρα αν (KN)	MINIMY Μ ΨΙΕΛΛ ΔΟΑΔ ατ 1% εξτεν σιον (KN)	ΕΛΟΝΓΑΤΙΟ Ν Νοτ λασσ τη αν (%)	ΡΕΛΑΞΑΤΙΟ Ν ζΑΛΥΕ 1000 ηρσ νοτ γρεατερ τηαν (%)	ΧΗΜΙΚΑΑ ΧΟΜΠΟΣΙΤΙ ΟΝ
250	9.53	± 0.41	51.61	405	89.0	80.1	3.5	2.5	Χ:0.77-0.85 Στ: 0.15-0.30 Μν:).60-0.90
	11.11		69.68	548	120.1	108.1			
	12.70		92.90	730	160.1	144.1			
	15.24		139.35	1094	240.2	216.2			
	9.53		54.84	432	102.3	92.1			
270	11.11	+0.66	74.19	582	137.9	124.1	3.5	3.5	Π:0.025Μαζ Χ:0.025Μαζ
	12.70	-0.15	98.71	775	183.7	165.3			
	15.24		140.00	1102	260.7	234.6			

### (3) Semen Portland (PC)

Semen adalah bagian yang terpenting dalam pembuatan beton. Fungsi semen sebagai bahan pengikat yang kohesif. Pengikatan dan pengerasan semen hanya dapat terjadi karena adanya air. Dan air inilah yang dapat melangsungkan reaksi-reaksi kimia guna melarutkan bagian dan semen sehingga menghasilkan senyawa-senyawa hidrat yang dapat mengeras. Dari hal tersebut diatas, kekuatan beton dapat dipengaruhi oleh mutu semen dan air yang dipakai. Mengenai air akan diuraikan dalam bahagian tersendiri. Dalam proyek ini semen yang di pergunakan adalah semen andalas yang berasal dari aceh. Karena dibuat di Indonesia dan dengan kualitas yang tinggi, maka semen tidak perlu lagi diperiksa dilaboratorium.



Gambar 2.30 Truck Pengangkut Semen Portland

Permasalahan pada semen adalah masalah penyimpanan dan penimbunan. Semen yang berada dalam kantong semen yang sobek atau rusak jahitannya tidak dapat dipergunakan lagi untuk pekerjaan beton karena telah bereaksi dengan udara luar (udara yang telah banyak mengandung air dan zat kimia yang mampu mengurangi mutu semen).

#### **(4) Pasir**

Pasir untuk untuk adukan pasangan, adukan plesteran dan beton bitumen harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

1. Pasir harus, tajam dan keras, harus bersifat kekal artinya, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan.
2. Pasir harus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering), yang diartikan dengan Lumpur ialah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar Lumpur melalui 5% maka agregat harus dicuci.
3. Pasir tidak boleh mengandung bahan-bahan organis terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dan adbrams-harder (dengan larutan NH OH). Agregat halus tidak memenuhi percobaan warna ini dapat juga dipakai,

asal kekuatan tekan adukan agregat yang sama.

4. Pasir terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya apabila diayak dengan susunan diatas ayakan yang di tentukan dalam syaratsyarat dibawah ini :

- Sisa diatas ayakan 4 mm, harus minimum 2% berat.
- Sisa diatas ayakan 1 mm, harus minimum 10% berat.
- Sisa diatas ayakan 0,25 mm, harus; berkisar antara 80% dan 95% berat.



Gambar 2.31 Material Pasir Cor

#### **(5) Agregat Kasar**

Agregat kasar untuk adukan beton dapat berupa kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batu-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu. Pada umumnya yang dimaksud dengan agregat kasar adalah agregat dengan besar butiran lebih dari 5 mm.



Gambar 2.32 Material Batu Pecah

Menurut ukuran kerikil dapat dibagi sebagai berikut :

- a. Ukuran butiran 5 – 10 mm disebut kerikil halus
- b. Ukuran butiran 10 – 20 mm disebut kerikil sedang
- c. Ukuran butiran 20 – 40 mm disebut kerikil kasar
- d. Ukuran butiran 40 – 70 mm disebut kerikil kasar sekali

Batu pecah atau kerikil adalah bahan yang diperoleh dari batu pecah menjadi pecah-pecahan berukuran 5 – 70 mm. Pemecahan biasanya menggunakan mesin pemecah batu (jawbreaker / crusher). Agregat kasar harus memenuhi syarat-syarat sebagai mana tercantum dalam PBI 71 NI 2:

1. Agregat kasar untuk beton berupa kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari bata-batuan atau berupa batu pecah. Pada umumnya yang dimaksud dengan agregat kasar adalah agregat dengan kasar butir lebih dari 5 mm sesuai dengan syarat-syarat pengawasan mutu agregat untuk berbagai mutu beton.
2. Agregat harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori, agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih dapat dipakai, apabila jumlah butiran pipih tersebut tidak melampaui 20% dan berat agregat seluruhnya. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal artinya tidak hancur oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
3. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1 (satu) % (ditentukan terhadap berat kering), yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,075 mm. Apabila kasar lumpur melampaui 1% maka agregat harus dicuci.
4. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang reaktif alkali.
5. Kekerasan dan butir-butir kasar diperiksa dengan bejana pengujian dari Rudeloff dengan beban pengujian zat, yang mana harus dipenuhi syarat-syarat berikut :

- Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5 – 1,9 mm, lebih dari 24 % berat.
  - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19 – 30 mm, lebih dari 22 % atau dengan mesin pengawas Los Angeles.
6. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan dalam pasal 3.5 ayat 1 harus memenuhi syarat sebagai berikut :
- Sisa diatas ayakan 31,5 nun harus 0 % berat
  - Sisa diatas ayakan 4 mm harus berkisar 90 % - 98 % berat, selisih antara sisa-sisa komulatif diatas dua ayakan yang berurutan, adalah maksimum 60 % dan minimum 10 % berat.
7. Besar butir agregat maksimum tidak boleh terdiri dari pada seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping dan cetakan, sepertiga dari tebal plat atau tiga perempat dari jarak bersih minimum antara batang-batang atau berkas-berkas tulangan, penyimpangan dari pembatasan ini diizinkan, apabila menurut penilaian pengawas ahli, cara-cara pengecoran beton adalah sedemikian rupa hingga terjamin tidak terjadinya sarang-sarang kerikil.

#### **(6) Air**

Penggunaan air terutama untuk campuran beton sangat penting sekali, sebab fungsi air adalah sebagai katalisator dalam hal pengikatan semen terhadap bahan-bahan penyusun. Untuk maksud ini besarnya pemakaian air dibatasi menurut presentase yang direncanakan. Apabila air terlalu sedikit digunakan dalam proses pembuatan beton, campuran tidak akan baik dan sukar dikerjakan, sebaliknya bila air terlalu banyak dalam adukan beton, kekuatan beton akan berkurang dalam penyusutan yang terjadi akan besar setelah beton mengeras.

Air yang digunakan untuk adukan beton adalah air bersih, dan memenuhi syarat-syarat tercantum dalam PBI 71 NI-2 pasal 3.6 yaitu :

1. Air untuk pembuatan dan perawatan beton tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, garam-garaman, bahan-bahan organik dan bahan-bahan lain yang merusak beton atau baja tulangan.
2. Apabila terdapat keraguan-keraguan mengenai air, dianjurkan untuk mengirimkan contoh-contoh air ke lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui untuk diselidiki sampai seberapa jauh air itu mengandung zat-zat yang dapat merusak tulangan.
3. Apabila pemeriksaan contoh air dapat dilakukan, maka dalam hal adanya keraguan mengenai air harus diadakan percobaan perbandingan antara kekuatan tekan motel semen + pasir dengan memakai air suling. Air tersebut dianggap dapat dipakai apabila kekuatan tekan motel dengan memakai air itu pada umur 7 dan 28 hari paling sedikit adalah 90 % dari kekuatan tekan motel dengan memakai air suling pada umur yang sama.
4. Jumlah air yang dipakai untuk membuat adukan beton dapat ditentukan dengan ukuran berat dan harus dilakukan setepat-tepatnya.



Gambar 2.33 Sumber Air Dari Sumur Bor Untuk Pengadukan Beton

## BAB III

### METODE PERANCANGAN

#### 3.1. Waktu Dan Tempat

Tempat penelitian ini dilakukan di pabrik PT Wika Beton, Tbk kantor cabang Binjai. Sedangkan waktu penelitian direncanakan selama 3 bulan.

Tabel 3.1. waktu dan tempat pembuatan cetakan :

No	Nama Kegiatan	Waktu	Tempat
1	Pembuatan Gambar Cetakan	1 minggu	Workshop
2	Perhitungan Struktur Cetakan	2 hari	Pabrik Wika Beton
3	Pembelian Material Cetakan	1 hari	Pabrik Wika Beton
4	Pembuatan Cetakan	1 minggu	Pabrik Wika Beton

#### 3.2. Bahan Dan Alat

##### 3.2.1. Bahan

###### a. Baja

Keuntungan Baja sebagai Material Struktur Bangunan (Konstruksi bangunan). Sifat Baja di samping kekuatannya yang besar untuk menahan kekuatan tarik dan tekan tanpa membutuhkan banyak volume, baja juga mempunyai sifat-sifat lain yang menguntungkan sehingga menjadikannya sebagai salah satu bahan bangunan yang sangat umum dipakai dewasa ini. Beberapa keuntungan baja sebagai material struktur antara lain:

1. Baja memiliki Kekuatan yang Tinggi
2. Baja mudah dalam pemasangan

3. Baja memiliki Keseragaman
4. Baja memiliki sifat Daktail/Liat (Daktilitas)

Di samping itu keuntungan-keuntungan lain dari struktur baja, antara lain adalah :

1. Proses pemasangan di lapangan berlangsung dengan cepat.
2. Dapat di las (welding) atau sistem baut (bolting).
3. Komponen-komponen strukturnya bisa digunakan lagi untuk keperluan lainnya.
4. Komponen-komponen yang sudah tidak dapat digunakan lagi masih mempunyai nilai sebagai besi tua.
5. Struktur yang dihasilkan bersifat permanen dengan cara pemeliharaan yang tidak terlalu sukar.

Selain keuntungan-keuntungan tersebut bahan baja juga mempunyai kelemahan-kelemahan sebagai berikut :

1. Komponen-komponen struktur yang dibuat dari bahan baja perlu diusahakan supaya tahan api sesuai dengan peraturan yang berlaku untuk bahaya kebakaran.
2. Diperlukannya suatu biaya pemeliharaan untuk mencegah baja dari bahaya karat.
3. Akibat kemampuannya menahan tekukan pada batang-batang yang langsing, walaupun dapat menahan gaya-gaya aksial, tetapi tidak bisa mencegah terjadinya pergeseran horisontal.

Sifat Mekanis Baja :

Menurut SNI 03-1729-2002 tentang TATA CARA PERENCANAAN STRUKTUR BAJA UNTUK BANGUNAN GEDUNG sifat mekanis baja struktural yang

digunakan dalam perencanaan harus memenuhi persyaratan minimum yang diberikan pada tabel 3.2.

Tabel 3.2. Sifat mekanis baja struktural :

Jenis Baja	Tegangan Putus Minimum $f_u$ (MPa)	Tegangan Leleh Minimum $f_y$ (MPa)	Peregangan Minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 56	550	410	13

Sifat-sifat mekanis lainnya, Sifat-sifat mekanis lainnya baja struktural untuk maksud perencanaan ditetapkan sebagai berikut:

Modulus elastisitas :  $E = 200.000 \text{ MPa}$

Modulus geser :  $G = 80.000 \text{ MPa}$

Nisbah poisson :  $\mu = 0,3$

Koefisien pemuaian :  $\alpha = 12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

Menurut SNI 03 – 1729 – 2002 tentang TATA CARA PERENCANAAN STRUKTUR BAJA UNTUK BANGUNAN GEDUNG, semua baja struktural sebelum difabrikasi, harus memenuhi ketentuan berikut ini:

- a. SK SNI S-05-1989-F: Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian B (Bahan Bangunan dari Besi/baja);
- b. SNI 07-0052-1987: Baja Kanal Bertepi Bulat Canai Panas, Mutu dan Cara Uji;
- c. SNI 07-0068-1987: Pipa Baja Karbon untuk Konstruksi Umum, Mutu dan Cara Uji;
- d. SNI 07-0138-1987: Baja Kanal C Ringan;

- e. SNI 07-0329-1989: Baja Bentuk I Bertepi Bulat Canai Panas, Mutu dan Cara Uji;
- f. SNI 07-0358-1989-A: Baja, Peraturan Umum Pemeriksaan;
- g. SNI 07-0722-1989: Baja Canai Panas untuk Konstruksi Umum;
- h. SNI 07-0950-1989: Pipa dan Pelat Baja Bergelombang Lapis Seng;
- i. SNI 07-2054-1990: Baja Siku Sama Kaki Bertepi Bulat Canai Panas, Mutu dan Cara Uji;
- j. SNI 07-2610-1992: Baja Profil H Hasil Pengelasan dengan Filter untuk Konstruksi Umum;
- k. SNI 07-3014-1992: Baja untuk Keperluan Rekayasa Umum;
- l. SNI 07-3015-1992: Baja Canai Panas untuk Konstruksi dengan Pengelasan;
- m. SNI 03-1726-1989: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung.

## **b. Baut**

Baut adalah alat sambung dengan batang bulat dan berulir, salah satu ujungnya dibentuk kepala baut ( umumnya bentuk kepala segi enam ) dan ujung lainnya dipasang mur/pengunci. Dalam pemakaian di lapangan, baut dapat digunakan untuk membuat konstruksi sambungan tetap, sambungan bergerak, maupun sambungan sementara yang dapat dibongkar/dilepas kembali.

Bentuk uliran batang baut untuk baja bangunan pada umumnya ulir segi tiga (ulir tajam) sesuai fungsinya yaitu sebagai baut pengikat. Sedangkan bentuk ulir segi empat (ulir tumpul) umumnya untuk baut-baut penggerak atau pemindah tenaga misalnya dongkrak atau alat-alat permesinan yang lain.

Jenis - jenis baut :

1. Baut Hitam

Yaitu baut dari baja lunak ( St-34 ) banyak dipakai untuk konstruksi ringan / sedang misalnya bangunan gedung, diameter lubang dan diameter batang baut memiliki kelonggaran 1 mm.

2. Baut Pass

Yaitu baut dari baja mutu tinggi ( $>St-42$  ) dipakai untuk konstruksi berat atau beban bertukar seperti jembatan jalan raya, diameter lubang dan diameter batang baut relatif pass yaitu kelonggaran  $< 0,1$  mm.

Keuntungan Sambungan Baut

1. Lebih mudah dalam pemasangan/penyetelan konstruksi di lapangan.
2. Konstruksi sambungan dapat dibongkar-pasang.
3. Dapat dipakai untuk menyambung dengan jumlah tebal baja  $> 4d$  ( tidak seperti paku keling dibatasi maksimum  $4d$  ).
4. Dengan menggunakan jenis Baut Pass maka dapat digunakan untuk konstruksi berat /jembatan.

### 3.2.2. Alat

Adapun alat - alat yang digunakan dalam pembuatan cetakan ini adalah sebagai berikut

#### a. Travo Las

Las busur listrik umumnya disebut las listrik adalah salah satu cara menyambung logam dengan jalan menggunakan nyala busur listrik yang diarahkan ke permukaan logam yang akan disambung. Pada bagian yang terkena busur listrik

tersebut akan mencair, demikian juga elektroda yang menghasilkan busur listrik akan mencair pada ujungnya dan merambat terus sampai habis. Logam cair dari elektroda dan dari sebagian benda yang akan disambung tercampur dan mengisi celah dari kedua logam yang akan disambung, kemudian membeku dan tersambunglah kedua logam tersebut.



Gambar 3.1 Travo Las Listrik

Mesin las busur listrik dapat mengalirkan arus listrik cukup besar tetapi dengan tegangan yang aman (kurang dari 45 volt). Busur listrik yang terjadi akan menimbulkan energi panas yang cukup tinggi sehingga akan mudah mencairkan logam yang terkena. Besarnya arus listrik dapat diatur sesuai dengan keperluan dengan memperhatikan ukuran dan type elektrodanya.

### **Jenis-jenis mesin las busur listrik**

Mesin las yang ada pada unit peralatan las berdasarkan arus yang dikeluarkan pada ujung-ujung elektroda dibedakan menjadi beberapa macam.

- Mesin las arus bolak-balik (Mesin AC)

Mesin memerlukan arus listrik bolak-balik atau arus AC yang dihasilkan oleh pembangkit listrik, listrik PLN atau generator AC, dapat digunakan sebagai

sumber tenaga dalam proses pengelasan. Besarnya tegangan listrik yang dihasilkan oleh sumber pembangkit listrik belum sesuai dengan tegangan yang digunakan untuk pengelasan. Bisa terjadi tegangannya terlalu tinggi atau terlalu rendah, sehingga besarnya tegangan perlu disesuaikan terlebih dahulu dengan cara menaikkan atau menurunkan tegangan.

- Mesin las arus searah (Mesin DC)

Arus listrik yang digunakan untuk memperoleh nyala busur listrik adalah arus searah. Arus searah ini berasal dari mesin berupa dynamo motor listrik searah. Dinamo dapat digerakkan oleh motor listrik, motor bensin, motor diesel, atau alat penggerak yang lain. Mesin arus yang menggunakan motor listrik sebagai penggerak mulanya memerlukan peralatan yang berfungsi sebagai penyearah arus. Penyearah arus atau rectifier berfungsi untuk mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC). Arus bolak-balik diubah menjadi arus searah pada proses pengelasan mempunyai beberapa keuntungan, antara lain:

1. Nyala busur listrik yang dihasilkan lebih stabil,
2. Setiap jenis elektroda dapat digunakan pada mesin las DC,
3. Tingkat kebisingan lebih rendah,
4. Mesin las lebih fleksibel, karena dapat diubah ke arus bolak-balik atau arus searah.

- Mesin las ganda (Mesin AC-DC)

Mesin las ini mampu melayani pengelasan dengan arus searah (DC) dan pengelasan dengan arus bolak-balik. Mesin las ganda mempunyai transformator satu fasa dan sebuah alat perata dalam satu unit mesin. Keluaran arus bolak-balik

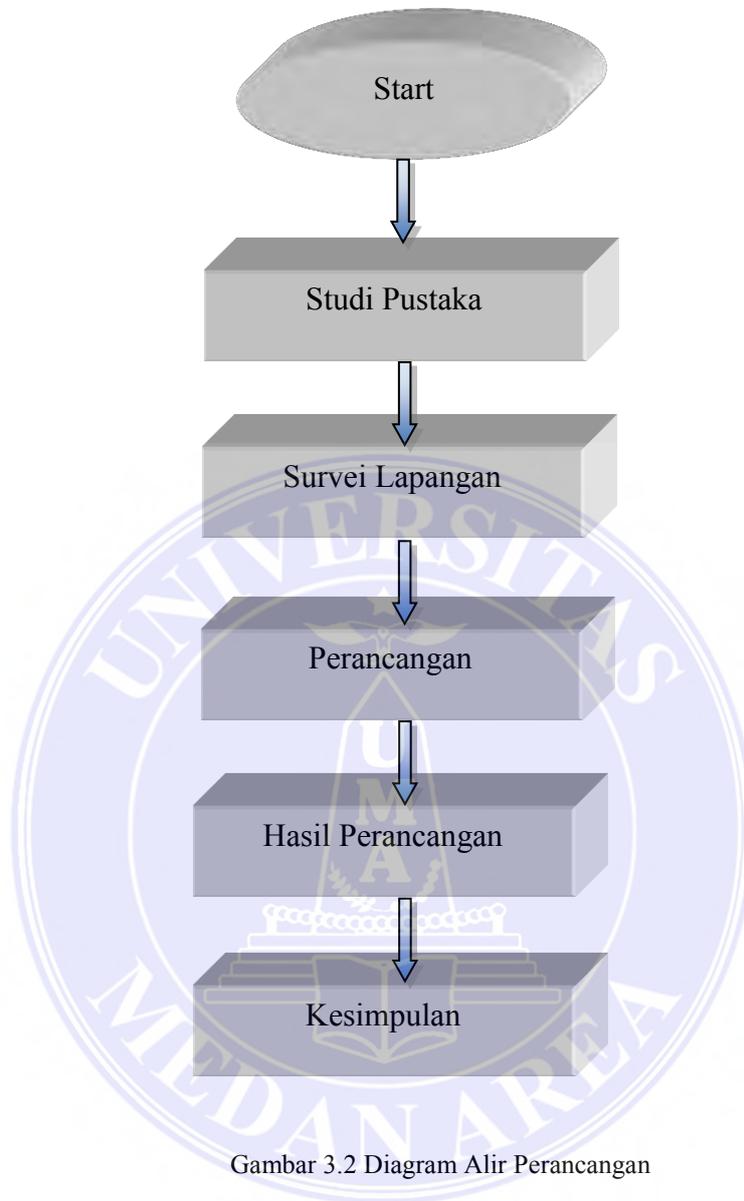
diambil dari terminal lilitan sekunder transformator melalui regulator arus. Adapun arus searah diambil dari keluaran alat perata arus. Pengaturan keluaran arus bolak-balik atau arus searah dapat dilakukan dengan mudah, yaitu hanya dengan memutar alat pengatur arus dari mesin las. Mesin las AC-DC lebih fleksibel karena mempunyai semua kemampuan yang dimiliki masing-masing mesin las DC atau mesin las AC. Mesin las jenis ini sering digunakan untuk bengkel-bengkel yang mempunyai jenis-jenis pekerjaan yang bermacam-macam, sehingga tidak perlu mengganti-ganti las untuk pengelasan berbeda.

### **3.3. Prosedur Pelaksanaan**

Prosedur yang digunakan dalam penyusunan laporan ini diperoleh dari beberapa metode pengumpulan data. Beberapa metode tersebut antara lain :

1. Metode pengamatan (observasi). Metode pengamatan yaitu melakukan pengamatan secara langsung di lapangan tentang perancangan cetakan sepatu tiang pancang beton prestress sehingga dapat mengetahui metode pelaksanaan dan permasalahan serta penganannya.
2. Metode wawancara, yaitu melakukan komunikasi dengan tanya jawab dengan pihak terkait yang terlibat dan bertanggung jawab terhadap perancangan sepatu tiang pancang tersebut.
3. Dokumentasi, yaitu mengambil foto pelaksanaan proses pekerjaan yang sedang berlangsung di lapangan, bahan dan peralatan yang digunakan sehingga dapat memperjelas isi skripsi.
4. Metode studi literatur, metode ini merupakan metode yang mencari buku – buku acuan dan petunjuk baik dari internet, jurnal, artikel maupun sejenisnya sebagai bahan masukan dalam penyusunan dan penyelesaian skripsi.

### 3.4. Diagram Alir Perancangan



Gambar 3.2 Diagram Alir Perancangan

#### 1. Start

Pembuatan proposal (outline) dengan judul “Perancangan Cetakan Sepatu Tiang Pancang Dengan Sistem Pencabutan Pin Di PT Wika Beton, Tbk” dimana sebagai masalah yang akan diangkat sebagai skripsi.

#### 2. Studi Pustaka / Literatur

Mengumpulkan sebanyak mungkin buku – buku referensi tentang struktur baja, yang akan dijadikan sebagai sumber penulisan skripsi.

3. Survey Lapangan

Survey langsung dilapangan dilakukan untuk mendapatkan data – data sebagai pembanding dengan data – data yang terdapat dalam buku – buku refrensi dan untuk mengetahui cara dan tahap – tahap perancangan.

4. Perancangan

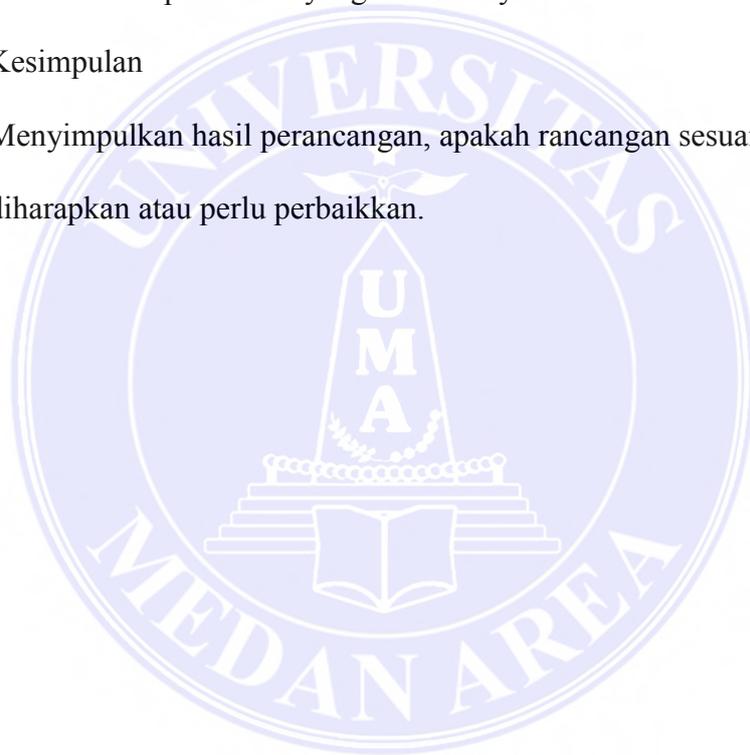
Menentukan segala sesuatu tentang cetakan sepatu tiang pancang.

5. Hasil Perancangan

Melihat hasil percobaan yang sebelumnya dilakukan.

6. Kesimpulan

Menyimpulkan hasil perancangan, apakah rancangan sesuai dengan yang diharapkan atau perlu perbaiki.



## DAFTAR PUSTAKA

Amstead, B.H dkk., 1995, **Teknologi Mekanik**. Jilid 1, Terjemahan Sriati Djaprie, Erlangga, Jakarta.

Berahim, Hamzah, 2011, **Teknik Tenaga Listrik Dasar**. Graha Ilmu, Yogyakarta.

Dharmawan, 1999, **Pengantar Perancangan Teknik**. Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Sularso, 1997, **Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin**. Pradnya Paramita, Jakarta.

Budiadi, Andri. 2008.: **Desain Praktis Beton Prategang**. Andi, Yogyakarta.

Lin, T.Y., dan Ned H.Burns. 1988. **Desain Struktur Beton Prategang**. Edisi ke 3. Jilid 1. Diterjemahkan oleh : Daniel Indrawan M.C.E. Erlangga, Jakarta.

