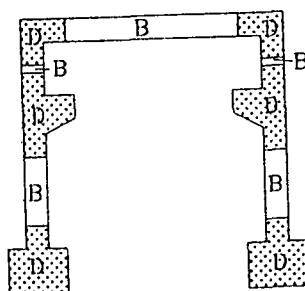


BAB II. STRUT and TIE MODELS

Metoda Strut and Tie, seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, digunakan untuk menghitung gaya-gaya dalam struktur beton yang terjadi pada daerah-daerah dimana hukum Bernoulli sudah tidak berlaku. Pada bab ini, kami akan membahas Strut and Tie models secara garis besar.

Bila kita ingin menghitung suatu struktur yang memiliki daerah yang mengalami diskontinuitas, kita tidak perlu menggunakan Strut and Tie pada seluruh struktur, sebab hal ini tidak praktis, menurut Schlaich kita dapat membagi-bagi struktur kita menjadi B dan D region (gb 2.1.). B region adalah daerah dimana berlaku hukum bernoulli, dan D region adalah daerah dimana terjadi diskontinuitas tegangan atau bentuk geometri penampang sehingga hukum Bernoulli tidak berlaku lagi.



gambar 2.1. Portal

Untuk melakukan perhitungan struktur beton bertulang dengan metode Strut and Tie, kita perlu melalui beberapa tahapan, yaitu :

2.1. Menentukan Beban-beban yang Bekerja pada Struktur Beton Bertulang

Besarnya beban yang bekerja maupun model pembebanan yang bekerja pada struktur beton bertulang yang dipakai dalam disain dengan metode Strut and Tie ini, ditentukan sama seperti dalam mendisain struktur beton bertulang secara konvensional.

2.2. Menghitung Gaya Reaksi Perletakan

Sebelum perhitungan gaya reaksi perletakan ini dilakukan, struktur beton bertulang yang akan dianalisa perlu diperhatikan apakah struktur beton bertulang tersebut memiliki daerah diskontinuitas (D), daerah bernoulli (B) atau kedua daerah tersebut. Untuk daerah yang memiliki :

- a. daerah D dan B, perhitungan dilakukan pada struktur secara keseluruhan dan dilanjutkan pada perhitungan gaya-gaya dalam yang membatasi daerah D dan B.
- b. hanya daerah B, tidak perlu melakukan perhitungan seperti langkah 2a diatas.

2.3. Menentukan Bentuk Geometri dan Letak Strut dan Tie

Dalam tahapan ini seorang perencana dituntut untuk memiliki pengetahuan yang lebih mengenai perilaku beton bertulang, sehingga dapat dengan mudah memprediksi bentuk geometri dari elemen-elemen strut dan tie.

Untuk membantu kita menentukan letak elemen-elemen tersebut, Schlaich, Schäfer dan Jennewein menganjurkan untuk menggunakan load path.¹¹

Karena analisa yang dilakukan dalam tulisan ini adalah dengan menggunakan program komputer linier Microfeap, maka bentuk geometri Strut and Tie models yang dipilih harus stabil (sesuai dengan perhitungan rangka batang). Sebab program ini akan memberikan hasil perhitungan gaya dalam yang salah (tidak sesuai) bila kita masukan data struktur yang labil.

Untuk mendapatkan letak elemen-elemen strut dan elemen-elemen tie dengan tepat, asumsi yang dipakai adalah bahwa elemen strut dan tie sebenarnya diletakkan pada pusat berat dari masing-masing daerah, pusat berat daerah tekan beton untuk elemen strut dan pusat berat dari tulangan untuk elemen tie. Untuk langkah pertama kita perlu memperkirakan luas daerah tekan yang sesungguhnya, apabila luas daerah tarik sudah ditentukan atau diketahui.

Gambar 2.2.a. menunjukkan penampang balok beton bertulang dengan panjang bentang L , yang akan dihitung dengan metode Strut and Tie Models. Balok yang ditunjukkan pada gambar 2.2.a. ini mempunyai tinggi H , lebar B dan tinggi efektif balok d , sehingga tinggi dari rangka batang (h) untuk balok menjadi:

$$h = d - \frac{1}{2} \times t \dots\dots\dots(2.1)$$

, dimana t = tinggi elemen strut

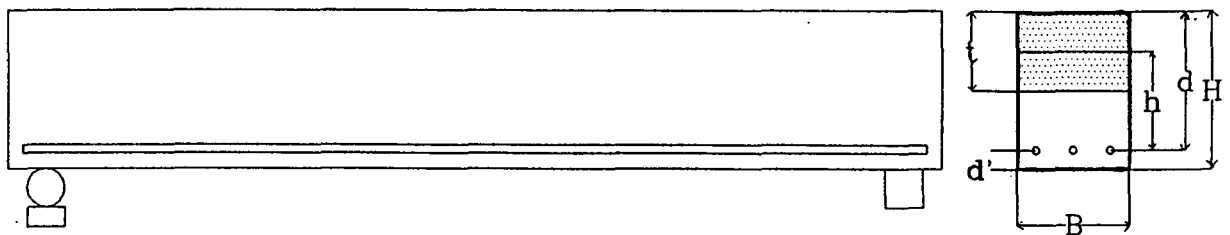
Bentuk geometri Strut and Tie yang kita pilih juga ditentukan oleh model pembebanan dan jarak pembebanan pada struktur beton bertulang, baik jarak beban ke perletakan maupun jarak antar beban itu sendiri (untuk beban terpusat). Model rangka batang untuk struktur balok dengan beban terpusat ditunjukkan pada gambar 2.2.b. dan gambar 2.2.c. untuk beban terbagi rata

Selain ketentuan-ketentuan di atas mengenai bentuk geometri dari rangka batang, dalam disain juga perlu diperhatikan syarat kemiringan batang diagonal (elemen strut) sesuai dengan yang diatur dalam peraturan Canada (Can3-A23.3-M84). Peraturan ini menentukan bahwa sudut untuk batang tekan diagonal, θ , dibatasi sebesar:

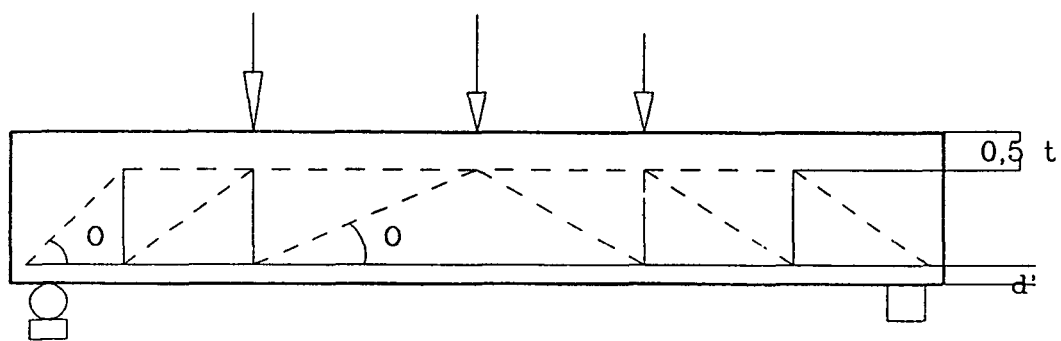
$$\tan^{-1} (3/5) < \theta < \tan^{-1} (5/3)$$

atau

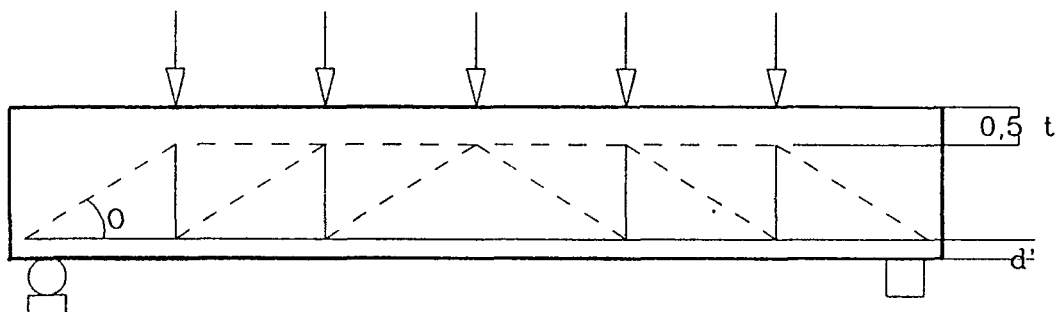
$$30,96^{\circ} < \theta < 59,04^{\circ}$$



(a) bentuk geometri dan penampang balok beton bertulang



(b) Strut and Tie Models untuk balok dengan beban terpusat



(c) Strut and Tie Models untuk balok dengan beban terbagi rata

gambar 2.2. Bentuk geometri balok untuk menghitung dengan Strut and Tie Models

2.4. Menghitung Gaya Dalam yang Terjadi

Setelah kita menentukan beban yang bekerja dan bentuk Strut and Tie dari stuktur beton bertulang yang akan kita hitung, kita bisa menghitung gaya dalam yang terjadi dengan bantuan program komputer linier Micro-feap.

Karena property dari masing-masing elemen belum diketahui secara pasti, maka dalam perhitungan awal ini harga masing-masing properti yang dimasukkan dalam program microfeap diambil sembarang nilai.

2.5. Menghitung Dimensi dari Masing-masing Elemen

Besarnya gaya tarik dan gaya tekan yang didapat dari perhitungan di atas pada elemen Strut and Tie, selanjutnya dipakai untuk mendapatkan properti (luas) masing-masing elemen dalam keadaan beban ultimate.

Pada tahap ini kita menghitung luas masing-masing elemen sesuai ketentuan yang ada, dalam menentukan dimensi dari elemen Strut dan Tie harus dijamin terjadi penyaluran beban yang baik pada masing-masing elemen, sehingga gaya yang diberikan pada struktur sebagai beban dapat disalurkan dengan baik ke perletakan.

Untuk menjamin tersalurnya gaya dalam rangka batang itu harus dilakukan pengecekan pada daerah nodal, karena ada hubungan yang erat antara pendetailan daerah nodal dengan kemampuan dari tumpuan elemen Strut dan elemen Tie. Dengan pendetailan yang baik gaya dalam batang tarik dapat disalurkan dengan baik ke daerah nodal tanpa terjadi slip.

Apabila luas elemen yang didapat dari hasil perhitungan lebih besar dari luas yang diperkirakan, maka letak-letak elemen tersebut harus diubah dan dihitung ulang. Di bawah ini akan dijelaskan cara menentukan dimensi dari rangka batang.

2.5.a. Menghitung Dimensi Elemen Strut dan Elemen Tie

Dimensi elemen Strut tergantung dari dimensi nodal, maksudnya ialah bahwa tegangan tumpu yang terjadi pada nodal akibat gaya dalam Strut tidak boleh melebihi tegangan ijinnya. (lihat pasal 2.5.b. menghitung dimensi daerah nodal)

Elemen Tie adalah elemen yang mewakili gaya tarik, yang pada kenyataannya dalam perhitungan ini gaya yang terjadi pada elemen Tie ditanggung oleh tulangan, untuk menghitung luas tulangan yang sesuai dengan gaya yang terjadi pada elemen Tie ini peraturan beton Canada mengatur sebagai berikut :

$$A_s = \frac{T_s}{f_y \times 0,85} \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana : A_s = luas tulangan total

T_s = gaya tarik pada rangka batang

f_y = tegangan leleh baja tulangan

2.5.b. Menghitung Dimensi Daerah Nodal

Menurut peraturan Canada, tegangan tumpu yang terjadi pada nodal harus dihitung sedemikian sehingga besarnya tegangan pada nodal tidak melebihi :

$0,85 \times \phi c f_c'$ untuk nodal dimana hanya dibatasi dengan elemen strut.

$0,75 \times \phi c f_c'$ untuk nodal dimana dikaitkan dengan satu elemen tie.

$0,6 \times \phi c f_c'$ untuk nodal dimana dikaitkan lebih dari satu elemen tie.

ϕc diambil sebesar 0,6.

Perhitungan struktur beton bertulang yang diidealisasikan sebagai rangka batang ini merupakan proses iterative (coba-mencoba). Tinggi elemen tekan dan ukuran node yang dipakai untuk perhitungan awal merupakan hasil perkiraan, setelah itu kita hitung gaya dalamnya. Dari gaya dalam hasil perhitungan ini, kita cari dimensi elemen-elemen. Bila tinggi elemen tekan yang kita perkirakan tidak sama, lebih besar, maka kita harus melakukan perhitungan ulang dengan langkah perhitungan seperti di atas dengan mengubah letak elemen rangka batang tersebut, dimana tinggi elemen tekan diambil dari elemen tekan hasil perhitungan yang baru dan luas elemen tarik sama dengan luas tulangan yang disediakan.