UNIT COMMITMENT

- Naik/turunnya pemakaian energi (beban) listrik mengikuti siklus kegiatan manusia sehari-hari
- Naik/turunnya pemakaian energi listrik selalu diimbangi oleh pembangkitan energi listrik dalam sistem
- Mengikuti siklus pembangkitan energi listrik tersebut dilakukan penjadualan unit yang commit (on) dan unit yang off dalam siklus waktu tertentu
- Penjadualan pembangkit tersebut memperhatikan kondisi optimal ekonomi selain itu harus memenuhi batasan-batasan teknis dalam pengopersaian pembangkit didalam sistem tenaga
- Penjadualan ini dinamakan unit commitment

toto_sukisno@uny.ac.id

UNIT COMMITMENT

KOMBINASI UNIT PEMBANGKIT

- Kombinasi unit pembangkit merupakan kombinasi on/off dari beberapa unit yang ada dalam sistem.
- Dari n buah unit pembangkit, jumlah kombinasi on/off nya:

$$2^n - 1 \quad \text{buah}$$

- Dari kombinasi on/off unit pembangkit akan dipilih kombinasi mana yang akan dijadualkan
- Evaluasi pemilihan dilakukan dengan menghitung biaya optimum (economic dispatch) untuk setiap kombinasi sehingga dapat dibandingakan biaya optimum terendah dari kombinasi – kombinasi on/off unit pembangkit pada beban tertentu

toto_sukisno@uny.ac.id

UNIT COMMITMENT

- Contoh 4.1 :

Data input/ouput pembangkit.

$F_1 = 561{,}0 + 7.920\ P_1 + 0{,}001562\ P_1^2$

$F2 = 310{,}0 + 7{,}850\ P_2 + 0{,}001940\ P_2^2$

$F_3 = 93{,}6 + 9{,}564\ P_3 + 0{,}005794\ P_3^2$

150 MW < P1 < 600 MW
100 MW < P2 < 400 MW
50 MW < P3 < 200 MW

Pada beban Pr = 550 MW, diperiksa kondisi optimum
untuk setiap Kombinasi on/off unit pembangkit

toto_sukisno@uny.ac.id

UNIT COMMITMENT

Dari hasil perhitungan optimum ditabelkan sbb:

UNIT PEMBANGKIT				OUTPUT OPTIMUM			BIAYA UNIT OPTIMUM			TOTAL
Unit 1	Unit 2	Unit 3	Pmax (MW)	P1 (MW)	P2 (MW)	P3 (MW)	F1 (R/h)	F2 (R/h)	F3 (R/h)	Ft (R/h)
O	O	1	200	-	-	-	-	-	-	-
O	1	O	400	-	-	-	-	-	-	-
O	1	1	600	0	400	150	0	3760	1658	5418
1	O	O	600	550	0	0	5389	0	0	5389
1	O	1	800	500	0	50	4911	0	586	5497
1	1	O	1000	295	255	0	3030	2440	0	5471
1	1	1	1200	267	233	50	2787	2244	586	5617

toto_sukisno@uny.ac.id

UNIT COMMITMENT

Dari tabel tersebut biaya total pada kondisi optimum yang termurah adalah unit 1 on, unit 2 dan 3 off dimana biaya totalnya Ft = 5389 R/h

toto_sukisno@uny.ac.id

UNIT COMMITMENT

Contraint pada Unit Commitment :

Merupakan pembatasan didalam pengambilan keputusan untuk menentukan pilihan kombinasi on-off unit pembangkit yang akan dijadualkan

Pembatasan ini diperlukan agar pilihan kombinasi on-off pembangkit yang akan dijadualkan dapat menjaga sistem selalu berada pada kondisi normal dan ekonomis dalam pengoperasiannya.

toto_sukisno@uny.ac.id

UNIT COMMITMENT

Constraint tersebut antara lain adalah :

a. Spinning Reserve

Merupakan cadangan daya yang harus diperhitungkan dari unit-unit yang beroperasi (yang commit), di mana apabila ada salah satu unit yang mengalami kegagalan operasi (jatuh/trip) maka daya yang berkurang akibat kegagalan operasi dari unit tersebut dapat diganti/ditanggulangi oleh cadangan daya tersebut. Umumnya cadangan daya yang ada diperhitungkan untuk mampu menggantikan apabila unit yang terbesar mengalami kegagalan operasi.

Selain itu spinning reserve juga harus mempertimbangkan beberapa hal. Pertama spinning reserve harus dialokasikan dengan mempertimbangkan adanya pembangkit dengan kecepatan respon tinggi dan pembangkit dengan kecepatan respon rendah, hal ini untuk mengembalikan frekuensi yang turun akibat pembangkit yang lepas dengan cepat. Kedua, spinning reserve juga harus disebar secara merata untuk menghindari batasan kemampuan transmisi dan untuk mengantisipasi beroperasinya sistem secara island sistem.

toto_sukisno@uny.ac.id

UNIT COMMITMENT

b. Thermal Unit Constraint

- **Minimum Up Time**

  Adalah interval waktu minimum di mana suatu unit yang baru ON (terhubung ke Sistem) tidak boleh dilepas (OFF) kembali sebelum melewati batas Up Time-nya.

  Contoh :

  Sebuah unit mempunyai minimum Up Time 2 jam

  Artinya :

  Bila unit ini baru terhubung (ON) ke sistem belum ada 2 jam (kurang dari 2 jam), unit ini tidak boleh dilepas (OFF)

toto_sukisno@uny.ac.id

UNIT COMMITMENT

- **Minimum Down Time**

  Adalah interval waktu minimum di mana suatu unit dalam keadaan "decommit" (OFF) tidak boleh dihubungkan ke sistem (ON) sebelum melewati batas Down Time-nya.

toto_sukisno@uny.ac.id

UNIT COMMITMENT

c. Hidro-constraint

- Akibat karakteristik yang berbeda antara pembangkit hidro dan pembangkit thermal, juga pengoperasiannya yang tergantung dari tataguna air.

d. Must Run Unit

Must Run Unit pembangkit dikarenakan :

- untuk mensupport tegangan pada jaringan
- Penggunaan steam tidak hanya untuk pembangkitan tenaga listrik tetapi juga untuk keperluan lain

e. Fuel Constraint

- Terbatasnya ketersediaan bahan bakar pada suatu pembangkit.

toto_sukisno@uny.ac.id

UNIT COMMITMENT

f. BIAYA START (START UP COST)

Adalah biaya yang diperlukan oleh pembangkit untuk start dari keadaan tidak beroperasi (terhubung ke sistem tenaga listrik)

Ada 2 macam biaya Start :

- Start dingin (cold start)
- Start panas (banking)

toto_sukisno@uny.ac.id

UNIT COMMITMENT

a. Biaya start dingin.

Kondisi ini terjadi karena saat pembangkit dilepas dari sistem (tidak beroperasi) temperatur boiler dibiarkan turun dari temperatur kerjanya, sehingga pada saat akan beroperasi, dilakukan pemanasan kembali.

Biaya start = $C_c(1-e^{-\frac{t}{\alpha}})F+C_f$ R/h

toto_sukisno@uny.ac.id

UNIT COMMITMENT

dimana :

Cc = Coefisien biaya start dingin (Mbtu)

F = Fuel Cost (R/Mbtu)

Cf = Fixed Cost (R/h)

t = waktu selama unit dingin (dihitung dari awal unit tidak beroperasi)- jam

α= Thermal time constant

toto_sukisno@uny.ac.id

UNIT COMMITMENT

b. Biaya start panas (banking)

Kondisi ini terjadi karena saat pembangkit dilepas dari sistem, temperatur boiler tetap dijaga pada temperatur kerja.

Biaya start = $C_t.t.F + C_f$ (R/h)

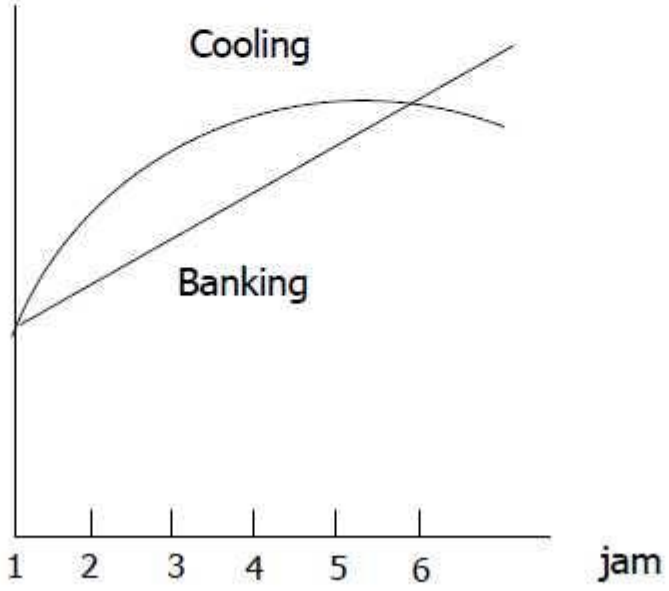
dimana :

C_t = Biaya untuk menjaga temperatur boiler (MBtu/h)

C_f = Biaya tetap (fixed cost)

toto_sukisno@uny.ac.id

Biaya start



UNIT COMMITMENT

METODE PENYELESAIAN UNIT COMMITMENT

Ada beberapa permasalahan yang terdapat dalam merencanakan jadual pembangkitan (unit commitment)

antara lain :

- Harus ada pola pembebanan untuk M periode waktu dalam suatu siklus.
- Terdapat n buah pembangkit yang commit (on) dan dengan output optimum (economic dispatch)
- Pada M level beban dan batas operasi dari n unit pembangkit, setiap unit pembangkit dapat mencatu beban individunya dan setiap kombinasi dari unit pembangkit dapat juga mencatu beban.

toto_sukisno@uny.ac.id

Dari hal tersebut maka untuk n buah pembangkit dan M level beban terdapat :

- 2^n - 1 buah kombinasi on/off unit pembangkit
- $(2^n - 1)^M$ buah persamaan yang harus diselesaikan

Terlihat dari hal tersebut diatas, penyelesaian unit commitment memerlukan dimensi yang sangat besar untuk ruang perhitungan /penyelesaian persamaan.

Oleh karena itu diperlukan teknik untuk solusi persoalan unit commitment

toto_sukisno@uny.ac.id

UNIT COMMITMENT

Metode penyelesaian unit commitment yang akan dibahas antara lain :

- Daftar Prioritas
- Dynamic Programming

toto_sukisno@uny.ac.id

UNIT COMMITMENT

a. Metode Daftar Prioritas

Pada metode ini kombinasi on-off unit pembangkit didasarkan pada urutan prioritas.

Untuk menentukan urutan prioritas diperoleh dari biaya produksi rata-rata persatuan output yang didasarkan pada Pmax.

Biaya produksi rata-rata = $\dfrac{F(P\max)}{P\max}$

toto_sukisno@uny.ac.id

UNIT COMMITMENT

Dari data pembangkit contoh 4.1 biaya produksi rata-rata dan urutan prioritas adalah :

Unit	Biaya produksi rata-rata (R/MWh)
1	9,7922
2	9,4010
3	11,1908

Urutan prioritas
Unit 2
Unit 1
Unit 3

toto_sukisno@uny.ac.id

UNIT COMMITMENT

Dari urutan prioritas 3 unit pembangkit tersebut kombinasi pembangkitnya adalah :

No Kombinasi	Unit		
	1	2	3
1	1	1	1
2	1	1	0
3	0	1	1

toto_sukisno@uny.ac.id

UNIT COMMITMENT

Algoritma Unit Commitment dengan daftar Prioritas :

Untuk penjadwalan unit commitment, pada metode ini setiap level beban mengikuti algoritma sebagai berikut :

- Pada setiap jam di mana level beban turun, tentukan unit mana yang dilepas dengan melihat kombinasi unit berdasar daftar prioritas, juga diperhitungkan apakah jumlah daya dari pembangkit yang beroperasi cukup untuk melayani beban dan spinning reserve bila salah satu unit dilepas.
- Bila tidak mampu, cari unit lain untuk dilepas, dan bila mampu lanjutkan pada step berikutnya.
- Tentukan waktu H jam untuk unit yang dilepas akan beroperasi kembali, dengan asumsi dalam selang waktu H jam tersebut beban akan naik kembali.
- Jika H jam lebih kecil daripada minimumdown time maka komitmennya dapat dipertahankan, bila H jamlebih besar daripada minimum down time lanjutkan pada step berikutnya.

toto_sukisno@uny.ac.id

UNIT COMMITMENT

- Hitung dua macam biaya :

  a. Dengan menganggap unit tidak dilepas, dihitung biaya produksi per jam untuk waktu H jam tersebut.

  b. Dengan menganggap unit dilepas dan akan start kembali, dihitung biaya start untuk :
  - Start Dingin
  - Start kondisi temperatur boiler dipertahankan pada temperatur kerja.

  Dari dua macam biaya start tersebut dipilih yang lebih murah.

  Biaya pada point a dan b dibandingkan, misalnya bila point a lebih murah berarti unit tetap beroperasi.

- Ulangi prosedure di atas untuk level beban yang lain.

toto_sukisno@uny.ac.id

UNIT COMMITMENT

b. Metode Dynamic Programming

Aplikasi dari metode digital untuk memecahkan berbagai persoalan kontrol dan optimasi dinamis mendorong ilmuwan Dr. Richard Bellman dan koleganya untuk menemukan metode dynamic programming. Metode ini sangat berguna untuk memecahkan berbagai persoalan dan mengurangi perhitungan dalam menemukan trayektori optimal

Untuk penyelesaian unit commitment digunakan dynamic programing (DP) dengan forward approach

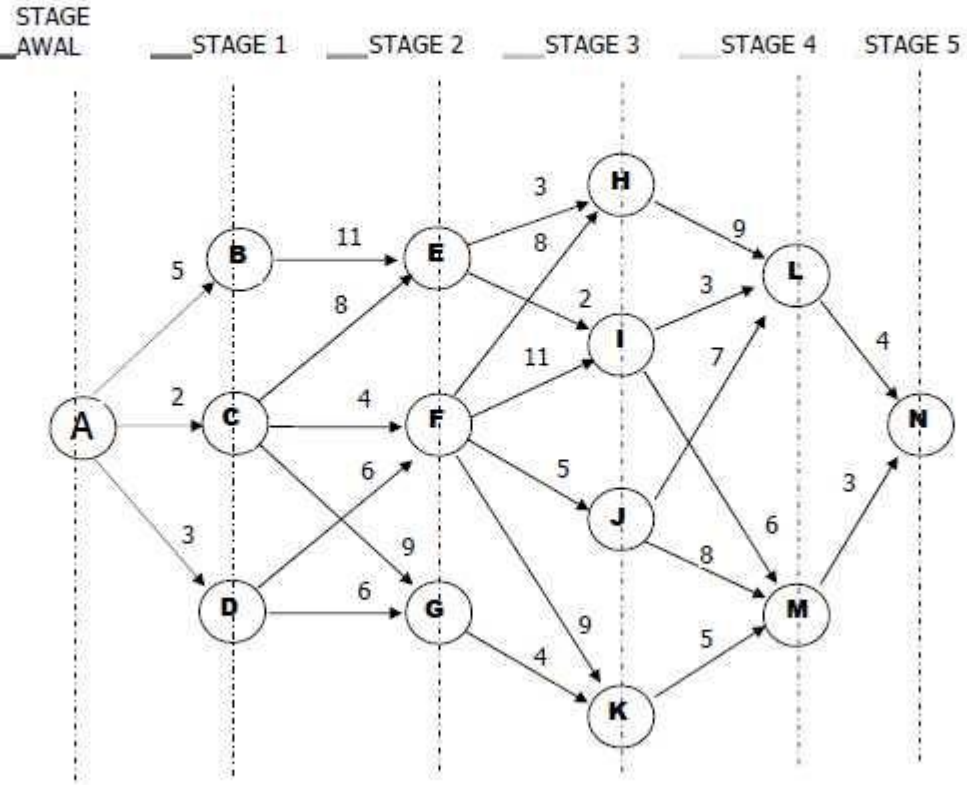
Sebelum mengaplikasikan DP untuk unit commitment, berikut ini sebuah model persoalan yang dapat digunakan untuk memahami metode DP.

toto_sukisno@uny.ac.id

UNIT COMMITMENT

Didalam DP terdapat :

- State : adalah terminal-terminal dengan kondisi tertentu
- Stage : adalah kumpulan dari state pada level tertentu



toto_sukisno@uny.ac.id

Model diatas berupa model pembiayaan suatu proses yang diawali dari state A sampai ke state akhir N, dengan melalui banyak pilihan lintasan pembiayaan.

Terdapat 5 stage, dimana setiap stage memiliki beberapa state.

Dari kondisi tersebut dialkukan penyelesaian dengan DP forward, untuk mencari lintasan pembiayaan yang termurah dari state A sampai state N

Formulasi dari DP adalah sbb :

x_n adalah stage ke n

A state awal

x_1 berisi state : B,C,D

toto_sukisno@uny.ac.id

x_2 berisi state : E, F, G

x_3 berisi state : H, I, J, K

x_4 berisi state : L, M

x_5 berisi state : N

S adalah variabel state yang berada di stage x_{n-1}

$C_{S,xn}$ adalah biaya dari state S ke state yang berada di x_n

$F_n(S,x_n)$ adalah biaya komulatip untuk sampai ke state yang berada di x_n melewati variabel state S

$F^*_n(x_n)$ adalah biaya komulatip termurah untuk sampai ke state yang berada di x_n melewati variabel state S*

$F^*_{n-1}(x_{n-1})$ adalah biaya komulatip untuk sampai ke state yang berada di x_{n-1}

toto_sukisno@uny.ac.id

Maka biaya komulatip untuk sampai pada state di x_n dinyatakan

$$F_n(S,x_n) = C_{S,xn} + F^*_{n-1}(x_{n-1})$$

Dari model pembiayaan tersebut diatas penyelesaiaanya sbb :
Untuk n =1 ; state S adalah state A dan x_1 terdiri state B, C, D
Pembiayaan komulatip:

State B $F_1(A,B) = C_{A,B} + 0$
$= 5$

State C $F_2(A,C) = C_{A,C} + 0$
$= 2$

State D $F_2(A,D) = C_{A,D} + 0$
$= 3$

toto_sukisno@uny.ac.id

Pada n=1, semua pembiayaan untuk sampai ke state, B,C,D adalah yang termurah (tdk ada pilihan) karena semua dimulai dari state awal A

Kemudian ditabulasikan dibawah, yang diberi tanda * disimpan untuk kebutuhan pelacakan kembali.

n=1			
X_1 \ S	$F_1(S,X_1)$ A	$F^*_1(X_1)$	S*
B	5	5	A
C	2	2	A
D	3	3	A

toto_sukisno@uny.ac.id

n = 2 ; state S adalah state B, C, D dan x2 adalah state E, F, G

Pembiayaan komulatip:

State E $F_2(B,E) = C_{B,E} + F^*_1(B) = 11 + 5 = 16$

State E $F_2(C,E) = C_{C,E} + F^*_1(C) = 8 + 2 = 10$

State F $F_2(C,F) = C_{C,F} + F^*_1(C) = 4 + 2 = 6$

State F $F_2(D,F) = C_{D,F} + F^*_1(D) = 6 + 3 = 9$

State G $F_2(C,G) = C_{C,G} + F^*_1(C) = 9 + 2 = 11$

State G $F_2(D,G) = C_{D,G} + F^*_1(D) = 6 + 3 = 9$

toto_sukisno@uny.ac.id

Hasil tersebut kemudian ditabulasikan, untuk yang tidak ada jalur lintasannya biayanya dinyatakan tak berhingga

n = 2					
X_2 \ S	$F_2(S,X_2)$			$F^*_2(X_2)$	S^*
	B	C	D		
E	16	10	-	10	C
F	-	6	9	6	C
G	-	11	9	9	D

Selanjutnya dengan cara yang sama diperoleh untuk n= 3,4,5

toto_sukisno@uny.ac.id

n = 3

X_3 \ S	$F_3(S,X_3)$			$F^*_3(X_3)$	S^*
	E	F	G		
H	10+3=13	6+8=14	-	13	E
I	10+2=12	6+11=17	-	12	E
J	-	6+5=11	-	11	F
K	-	6+9=15	9+4=13	13	G

n = 4

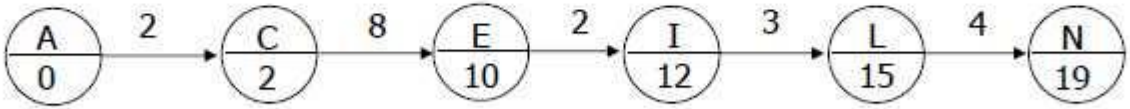
X_4 \ S	$F_4(S,X_4)$				$F^*_4(X_4)$	S^*
	H	I	J	K		
L	13+9=22	12+3=15	11+7=18	-	15	I
M	-	12+6=18	11+8=19	13+5=18	18	I & K

n = 5

X_5 \ S	$F_5(S,X_5)$		$F^*_5(X_5)$	S^*
	L	M		
N	15+4=19	18+3=21	19	L

Hasil terakhir pada state N diperoleh pembiayaan komulatip termurah sebesar 19

Pelacakan kembali dari state A s/d N untuk memperoleh pembiayaan termurah adalah melalui lintasan :



toto_sukisno@uny.ac.id