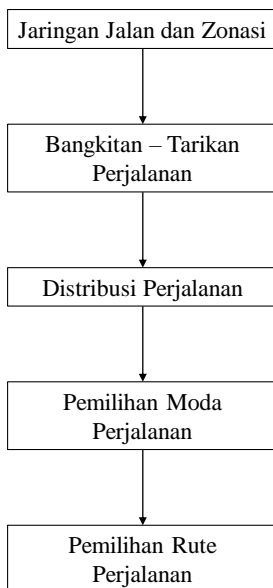


PEMODELAN TRANSPORTASI ANDALALIN

MUHAMMAD ZUDHY IRAWAN

zudhyirawan.staff.ugm.ac.id

1. Pemodelan Transportasi Secara Umum



- Terdiri dari 4 langkah
 1. Kawasan, zonasi, dan jaringan jalan
 2. Bangkitan – Tarikan Perjalanan (O_i dan D_j)
 3. Distribusi Perjalanan (T_{ij})
 4. Pemilihan Moda Perjalanan (P_{ij}^m)
 5. Pemilihan Rute Perjalanan (V_{ijm}^r)
- Input:
 1. Jaringan Jalan: kapasitas, *free flow speed*
 2. Matriks asal tujuan
 3. Fungsi tundaan
- Output:
 1. Arus lalu lintas, VCR
 2. Kecepatan
- Validasi - Kalibrasi:
 1. Arus lalu lintas
 2. Kecepatan

- **Kawasan dan Zonasi**

1. Internal Zone dan External Zone
2. Zona Berbasis Kecamatan, Kelurahan, atau yang selainnya

- **Bangkitan – Tarikan Perjalanan**

1. **Least square regression analysis**

$$Y = b_0 + b_1.X_1 + b_2.X_2 + \dots + b_n.X_n$$

Dimana $b_0, b_1, b_2, \dots, b_n$ adalah koefisien yang didapat dari analisis regresi

X_1, X_2, \dots, X_n adalah variable independent

Contoh:

$$Y_8 = 0.063X_1 - 0.023X_3 + 0.232X_4 - 8378 X_2$$

Dimana Y : total perjalanan per rumah tangga

X1 : jumlah anggota keluarga

X2 : perbandingan jumlah kendaraan pribadi dan anggota keluarga

X3 : kepadatan penduduk

X4 : pendapatan total dalam rumah tangga

2. **Category analysis**

Data survei: Jumlah Rumah Tangga yang Disurvei (Rerata Perjalanan)

Kepemi- likan Kend.	Orang/Rumah Tangga				
	1	2	3	4	5+
0	1005 (2.6)	403 (4.8)	213 (7.4)	114 (9.2)	105 (11.2)
1	2909 (4)	2038 (6.7)	875 (9.2)	526 (11.5)	369 (13.7)
2	408 (4)	3915 (8.1)	1802 (10.6)	1425 (13.3)	1406 (16.7)
3+	111 (4)	1075 (8.4)	1375 (11.9)	1383 (15.1)	860 (18)

Hitung :

- a. Jumlah perjalanan jika rumah tangga terdiri dari 5 orang dengan 2 kepemilikan kendaraan
- b. Total perjalanan pada rumah tangga dengan karakteristik tersebut
- c. Total perjalanan jika 94% dari total perjalanan (di point b) menggunakan kendaraan pribadi dengan occupancy level sebesar 1.96

• Distribusi Perjalanan

1. Metode faktor pertumbuhan: seragam, rerata, fratar, furness
2. Metode sintesis: gravity dan opportunity

Keuntungan :

- Mudah dimengerti dan digunakan
- Data: pergerakan antarzona masa sekarang & perkiraan tingkat pertumbuhan zona akan datang
- proses pengulangan sederhana
- Data aksesibilitas antarzona tidak diperlukan
- Penggunaannya fleksible: moda lain, waktu beda
- Tingkat ketepatan yang cukup tinggi

		Tarikan		
		1	2	$\sum_j T_{ij}$
Bangkitan	1	T_{11}	T_{12}	O_1
	2	T_{21}	T_{22}	O_2
	$\sum_i T_{ij}$	D_1	D_2	$\sum_{ij} T_{ij}$

• Seragam (*uniform, constant*)

2018

		Tarikan			
		1	2	3	O_i
Bangkitan	1	0	100	150	250
	2	50	0	100	150
	3	150	100	0	250
	D_j	200	200	250	650

- $F_p = 7\%$
- $n \times 1.07^4$

2022

		Tarikan			
		1	2	3	O_i
Bangkitan	1	0	136	204	340
	2	68	0	136	204
	3	204	136	0	340
	D_j	272	272	340	884

• Rerata (*average*)

2018

		Tarikan			
		1	2	3	O_i
Bangkitan	1	0	100	150	250
	2	50	0	100	150
	3	150	100	0	250
	D_j	200	200	250	650

- F_p zona 1 = 6%
- F_p zona 2 = 11%
- F_p zona 3 = 8%

2022

		Tarikan			
		1	2	3	O_i
Bangkitan	1	0	139	197	335
	2	72	0	144	216
	3	197	144	0	340
	D_j	269	282	340	891

• Fratar

		2018			
		Tarikan			
		1	2	3	<i>O_i</i>
Bangkitan	1	0	100	150	250
	2	50	0	100	150
	3	150	100	0	250
	<i>D_j</i>	200	200	250	650

- Fp zona 1 = 7%
- Fp zona 2 = 9%
- Fp zona 3 = 8%

→

		2022			
		Tarikan			
		1	2	3	<i>O_i</i>
Bangkitan	1	0	134		328
	2		0		212
	3			0	340
	<i>D_j</i>	262	282	340	884

$$T_{12} = 100 \times (328/250) \times (282/200) \times [(100 + 150) / [(100 \times (282/200)) + (150 \times (340/250))]] = 134$$

• Furness

		2018			
		Tarikan			
		1	2	3	<i>O_i</i>
Bangkitan	1	0	100	150	250
	2	50	0	100	150
	3	150	100	0	250
	<i>D_j</i>	200	200	250	650

- Fp zona 1 = 7%
- Fp zona 2 = 9%
- Fp zona 3 = 8%

→

		2022			
		Tarikan			
		1	2	3	<i>O_i</i>
Bangkitan	1	0	136	194	328
	2	68	0	146	212
	3	194	146	0	340
	<i>D_j</i>	262	282	340	884

$$T_{12} = 100 \times (328/250) \times (282/200) \times [(100 + 150) / [(100 \times (282/200)) + (150 \times (340/250))]] = 134$$

- Gravity

- Kelebihan: dapat mempertimbangkan faktor waktu tempuh atau biaya perjalanan antar zona
- Prinsip: semakin besar nilai jarak/waktu/biaya, maka perjalanan semakin sedikit

2018 atau 2022

		Tarikan			
		1	2	3	O_i
Bangkitan	1				250
	2				150
	3				250
	D_j	200	200	250	650

Waktu Tempuh / Biaya Perjalanan

		Tarikan			
		1	2	3	
Bangkitan	1	0	10	20	
	2	10	0	25	
	3	20	25	0	

$$T_{21} = O_2 \frac{D_1 \cdot F_{21}}{\sum_k D_k \cdot F_{2k}}$$

Dimana $F_{21} = 1/t_{21}^2$

		Tarikan			
		1	2	3	O_i
Bangkitan	1	0	190	60	250
	2	125	0	25	150
	3	152	98	0	250
	D_j	277	288	85	650

- **Pemilihan Moda Perjalanan**

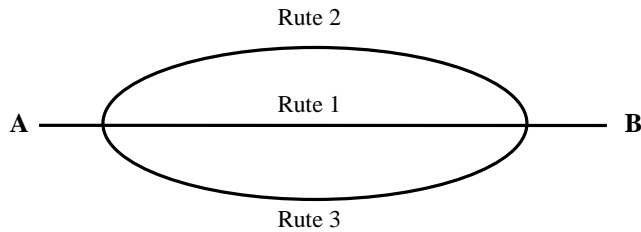
1. Aggregate model: Selisih dan Ratio
2. Disaggregate model: logit, probit, tobit, dll.

- **Pemilihan Rute Perjalanan**

1. All or Nothing Assignment
2. Incremental Assignment
3. Capacity Restraint Assignment
4. Equilibrium: User Equilibrium, System Equilibrium
5. Stochastic Assignment

- **Contoh: All or Nothing, Incremental Assignment, Capacity Restraint**

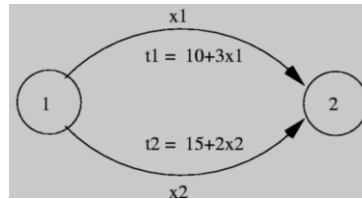
- Terdapat pergerakan dari A ke B sebesar 2000 kendaraan. Hitunglah arus lalu lintas di setiap ruas jalannya dengan fraksi pembebanan seragam 60 dan 40 % !



- Waktu perjalanan di setiap rute adalah sebagai berikut:
 Rute 1 $\rightarrow t = 10 + 0,02 * \text{Volume lalu lintas}$
 Rute 2 $\rightarrow t = 15 + 0,005 * \text{Volume lalu lintas}$
 Rute 3 $\rightarrow t = 12,5 + 0,015 * \text{Volume lalu lintas}$

- **User Equilibrium vs. System Equilibrium**

- Terdapat 12 kendaraan yang akan bergerak dari 1 ke 2
- Jika dengan AON maka, $x_1 = 12$ dan $x_2 = 0$



User Equilibrium

$$\begin{aligned} \min : Z(x) &= \int_0^{x_1} (10 + 3x_1) dx_1 \\ &+ \int_0^{x_2} (15 + 2x_2) dx_2, \\ &= 10x_1 + \frac{3x_1^2}{2} + 15x_2 + \frac{2x_2^2}{2}, \\ \text{st} : x_1 + x_2 &= 12. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \min : Z(x) &= 10x_1 + \frac{3x_1^2}{2}, \\ &+ 15(12 - x_1) + \frac{2(12 - x_1)^2}{2}. \end{aligned}$$

$$\min Z(x) = 10x_1 + 15(12 - x_1)$$

$$X_1 = 6$$

$$X_2 = 6$$

System Equilibrium

$$\begin{aligned} \min : Z(x) &= x_1 \times (10 + 3x_1) + x_2 \times (15 + 2x_2) \\ &= 10x_1 + 3x_1^2 + 15x_2 + 2x_2^2 \end{aligned}$$

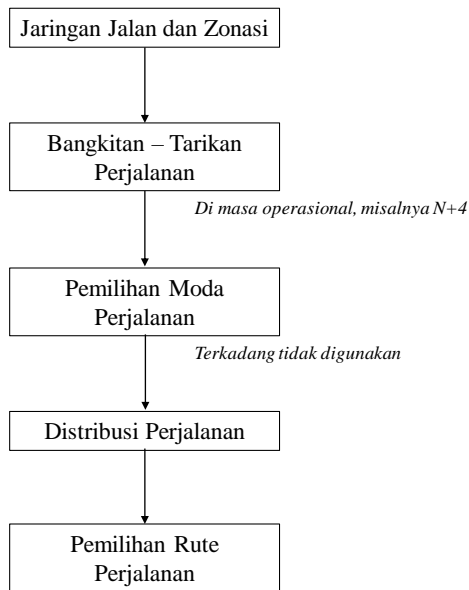
$$x_2 = x_1 - 12$$

$$\begin{aligned} \min : Z(x) &= 10x_1 + 3x_1^2 \\ &+ 15(12 - x_1) + 2(12 - x_1)^2 \end{aligned}$$

$$X_1 = 5$$

$$X_2 = 7$$

2. Pemodelan Transportasi dalam ANDALALIN



• Bangkitan - Tarikan Perjalanan

1. Jika bangkitan sudah cukup jelas, maka nilai tersebut dapat langsung digunakan. Misal pada kasus pembangunan sekolah, direncanakan akan menampung 40 siswa per kelas, dengan jumlah guru dan karyawan 20 orang.
2. Namun jika belum jelas, nilai bangkitan dapat didekati dengan luasan *site plan* nya

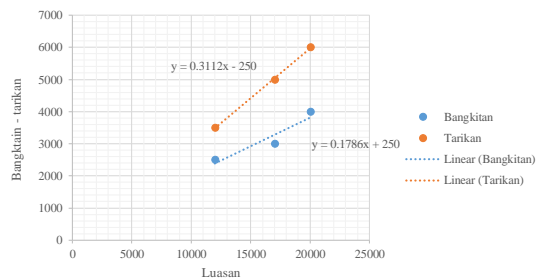
Misalnya: pembangunan mall A seluas 10.000 meter², berapakah prediksi bangkitan dan tarikan di mall A tersebut?

Solusi:

- a. Dilakukan survei bangkitan dan tarikan pada 1 mall yang tipikal. Misalnya dari Mall B seluas 5000 meter², didapatkan nilai bangkitan sebesar 2000 kendaraan per hari, dan tarikan sebesar 4000 kendaraan per hari, maka pada Mall A dapat diprediksi besarnya bangkitan dan tarikan yaitu 4000 dan 8000 kendaraan per hari
- b. Dilakukan survei bangkitan dan tarikan pada minimal 3 mall di daerah tersebut, kemudian dianalisis regresi linier tunggal

	Bangkitan	Tarikan	Luasan
Mall A	2500	3500	12000
Mall B	4000	6000	20000
Mall C	3000	5000	17000

Maka Bangkitan di Mall A = $0.1786 \times 10000 + 250 = 2036$
 Sedangkan Tarikannya = $0.3112 \times 10000 - 250 = 2862$



- c. Akan lebih akurat lagi jika pendekatannya tidak hanya luasan, namun juga faktor lain seperti ketersediaan SRP (dapat didekati dengan menggunakan SPSS atau Ms.Excel)

	Bangkitan	Tarikan	Luasan	SRP
Mall A	2500	3500	12000	150
Mall B	4000	6000	20000	200
Mall C	3000	5000	17000	175

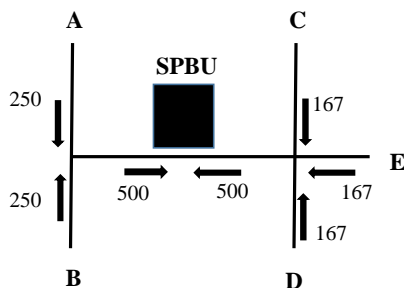
Didapatkan Persamaan $\text{Bangkitan} = 0.132 \times \text{Luasan} + 5.8 \text{ SRP} = 0.132 \times 10.000 + 5.8 (100, \text{misalnya})$
 $= 1320 + 580 = 1900$

3. Jika pada kasus no (2) di atas, maka besarnya bangkitan – tarikan masih diperlukan untuk di *forecast* di tahun mendatang (saat beroperasi), dengan berbagai macam pendekatan

• Distribusi Perjalanan

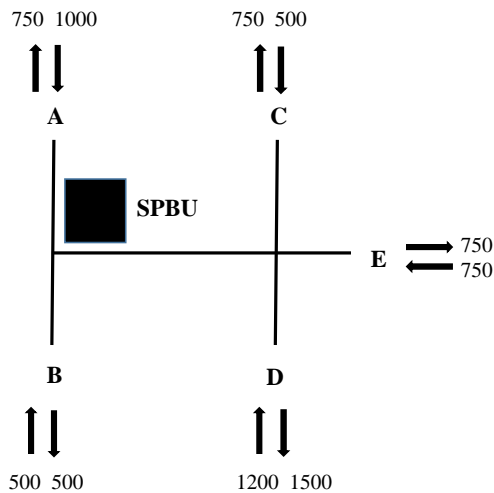
1. Untuk Studi Andalalin yang tidak membutuhkan simulasi pemilihan rute perjalanan, bangkitan - tarikan perjalanan dapat didistribusikan merata atau sesuai kondisi di lapangan (misalnya: yang dari kawasan perkotaaan, proporsinya lebih besar, atau perbedaan proporsi saat jam puncak pagi dan sore)

Misal: nilai bangkitan = 1.000 kendaraan per jam secara proporsional



Setelah didapatkan, maka tinggal dihitung kinerja arus dan simpang pada kondisi with/without

2. Untuk Studi Andalalin yang membutuhkan simulasi pemilihan rute perjalanan, maka distribusi perjalanan pada kondisi eksisting dihitung terlebih dahulu (bisa dengan pendekatan metode furness, maupun gravity, dan yang lainnya), dengan mensurvei arus lalu lintas di titik-titik inlet/outlet



	A	B	C	D	E	Masuk
A	0	1	1	1	1	1000
B	1	0	1	1	1	500
C	1	1	0	1	1	500
D	1	1	1	0	1	1200
E	1	1	1	1	0	750
Keluar	750	500	750	1500	750	

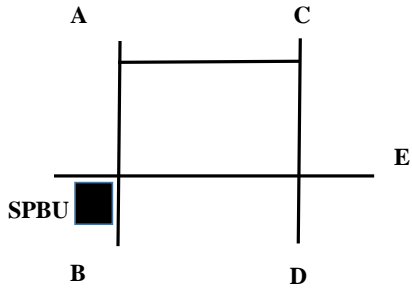
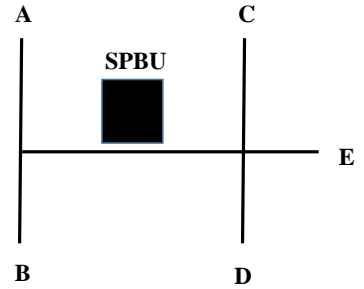
Iterasi 1

	A	B	C	D	E	Masuk
A	0	145	217	545	234	1142
B	127	0	109	273	117	626
C	127	72	0	273	117	589
D	305	174	261	0	281	1021
E	191	109	163	409	0	872
Keluar	750	500	750	1500	750	

- Setelah itu dibebankan ke jaringan dan divalidasi di ruas jalan apakah arusnya sudah sama atau belum (secara statistik). Jika belum, maka matriks asal tujuan dapat dirubah-rubah sedemikian sehingga nilai arusnya (lapangan vs. simulasi) **sama**, yang dibuktikan dengan uji R^2 mendekati 1.00 dan t-test (UNTUK KONDISI WITHOUT)
- UNTUK KONDISI WITH, Distribusi bangkitan dan tarikan perjalanan akibat beroperasinya *site plan* didistribusikan seperti yang dilakukan pada langkah (1) kemudian ditambahkan dengan arus lalu lintas di inlet/outlet, dan di running di langkah (2). Di langkah ini, tidak perlu dilakukan validasi, karena validasi hanya untuk kondisi eksisting saja.

• **Pemilihan Route**

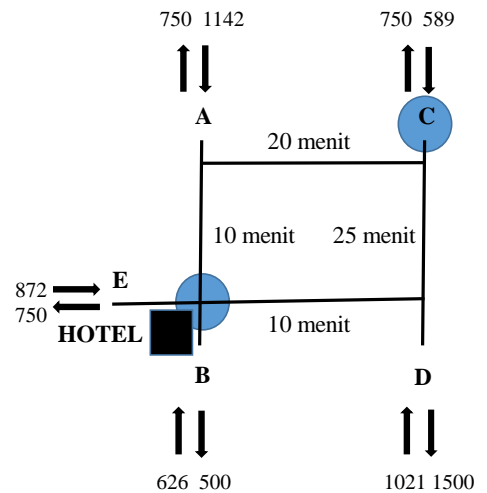
1. Bersifat conditional, sangat tergantung pada seberapa kompleks jaringan jalannya
2. Jika pada kasus (a) di samping, tidak perlu dilakukan tahap pemilihan rute, karena tidak ada rute yang dipilih
3. Jika pada kasus (b), maka perlu pemilihan rute, namun yang dipertimbangkan cukup pergerakan yang dari/menjuju C saja



• **Contoh Kasus:**

KONDISI EKSISTING

1. Bebaskan arus dari C ke E dan B, dan sebaliknya, misal dengan metode incremental assignment dengan FP 50%, misalkan fungsi tundaan semua lengan sama = $t = t_0 + 0.04 * V$
2. Hal yang sama lakukan pada pergerakan A dan D

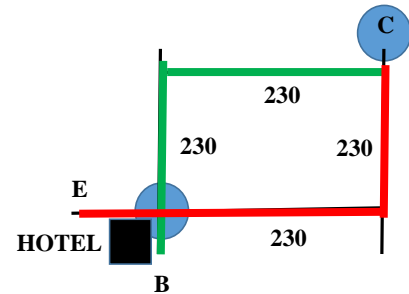


	A	B	C	D	E	Masuk
A	0	145	217	545	234	1142
B	127	0	109	273	117	626
C	127	72	0	273	117	589
D	305	174	261	0	281	1021
E	191	109	163	409	0	872
Keluar	750	500	750	1500	750	

• **Contoh Kasus:**

KONDISI EKSISTING (1)

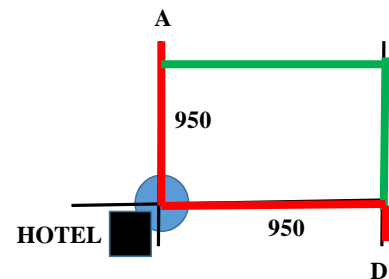
1. Pembebanan 1 (50%), akan melewati jalan hijau ($30 < 35$), dengan total volume = $0.5 (109 + 72 + 163 + 117) = 230$ kend./jam
2. Perjalanan di jalan hijau menjadi $= 30 + 0.05 * 230 = 42$
3. Pembebanan ke 2 (50%), akan melewati jalan merah ($35 < 42$) dengan total volume = 230 kend./jam



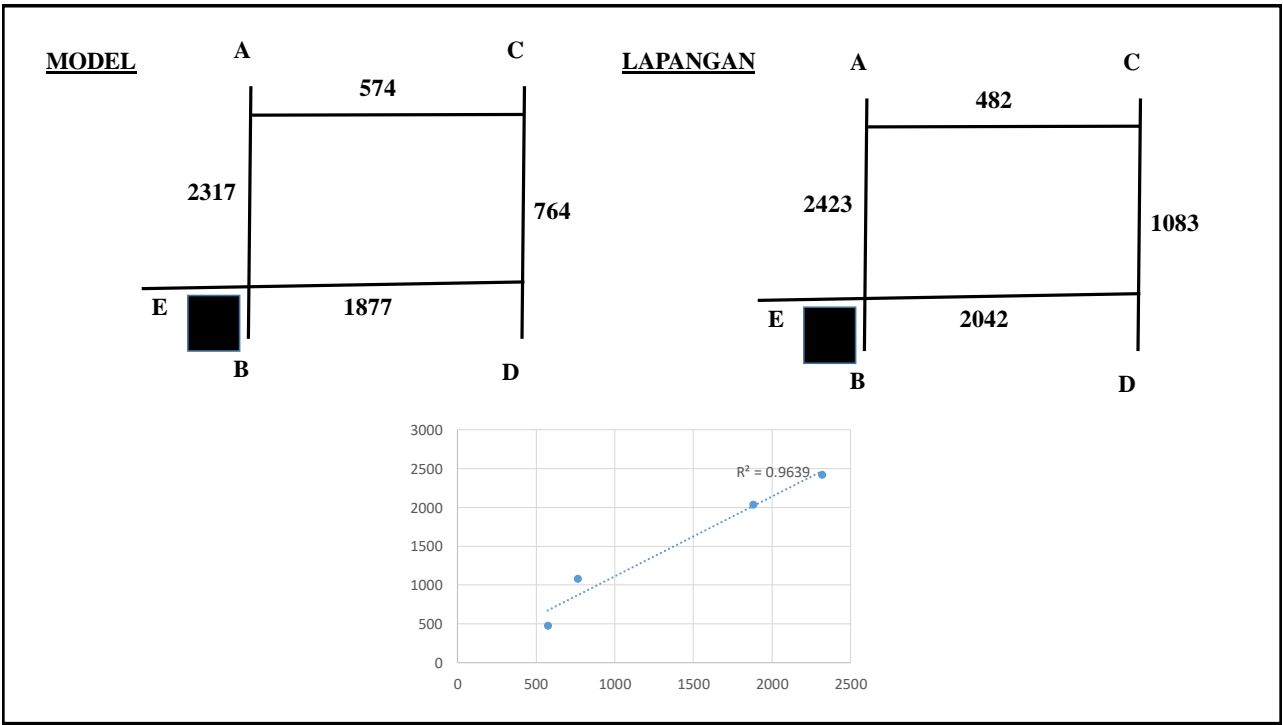
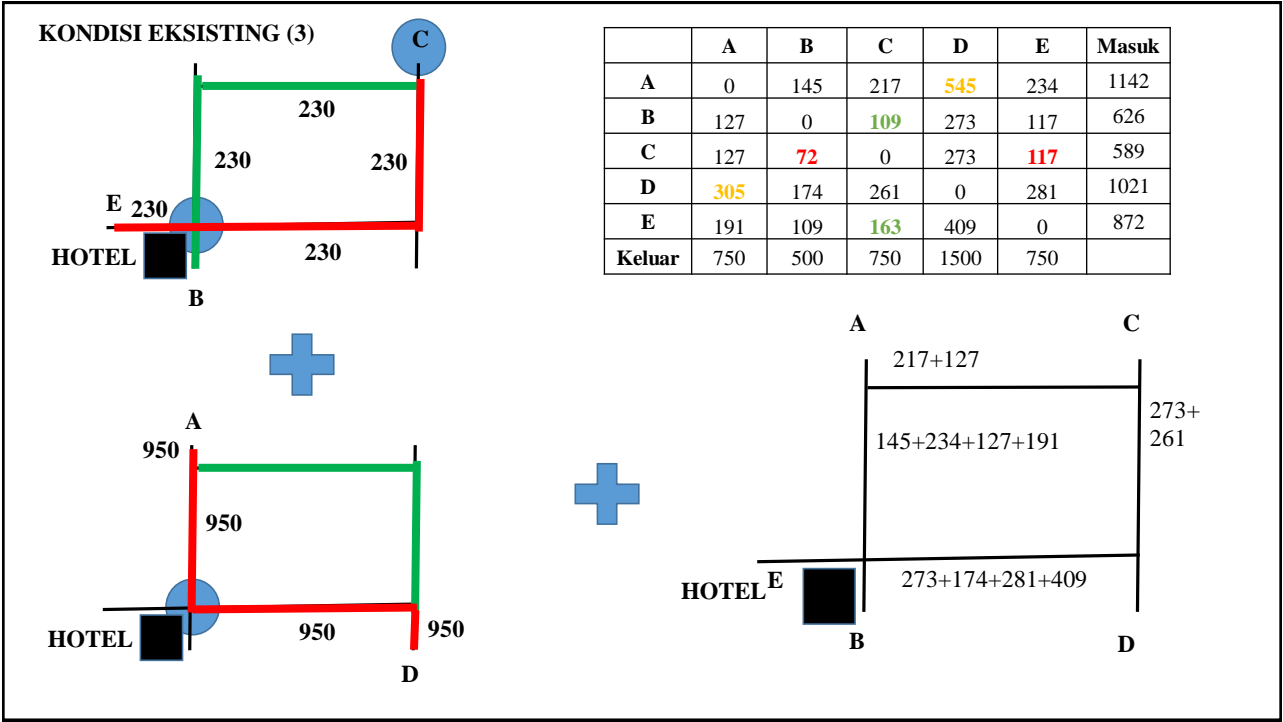
	A	B	C	D	E	Masuk
A	0	145	217	545	234	1142
B	127	0	109	273	117	626
C	127	72	0	273	117	589
D	305	174	261	0	281	1021
E	191	109	163	409	0	872
Keluar	750	500	750	1500	750	

KONDISI EKSISTING (2)

1. Pembebanan 1 (50%), akan melewati jalan merah ($20 < 45$), dengan total volume = $0.5 (305 + 545) = 425$ kend./jam
2. Perjalanan di jalan hijau menjadi $= 20 + 0.05 * 425 = 41$
3. Pembebanan ke 2 (50%), akan melewati jalan merah juga ($41 < 45$) dengan total volume = 425 kend./jam



	A	B	C	D	E	Masuk
A	0	145	217	545	234	1142
B	127	0	109	273	117	626
C	127	72	0	273	117	589
D	305	174	261	0	281	1021
E	191	109	163	409	0	872
Keluar	750	500	750	1500	750	



KONDISI SKENARIO (WITHOUT)

- Jika arus model sudah merepresentasikan kondisi arus lapangan, maka forecast lah **matriks asal tujuan** (bukan arus lalu lintasnya) untuk sekian tahun mendatang, baik dengan metode uniform, average, fratar, furness, gravity, maupun opportunity

Misal dengan pertumbuhan seragam

- $F_p = 7\%$
- $n \times 1.07^4$

	A	B	C	D	E	Masuk
A	0	145	217	545	234	1142
B	127	0	109	273	117	626
C	127	72	0	273	117	589
D	305	174	261	0	281	1021
E	191	109	163	409	0	872
Keluar	750	500	750	1500	750	

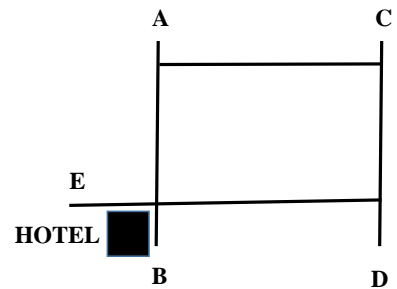


	A	B	C	D	E	Masuk
A	0	190	284	714	307	1496
B	166	0	143	358	153	821
C	166	94	0	358	153	772
D	400	228	342	0	368	1338
E	250	143	214	536	0	1143
Keluar	983	655	983	1966	982	

- Bebankan matriks di tahun rencana ke jaringan jalan, seperti yang sudah dilakukan pada kondisi eksisting

KONDISI SKENARIO (WITH)

- Tentukan matriks asal tujuan pada tahun rencana pada kondisi with project
- Semisal hotel tersebut membangkitkan dan menarik 4000 kend./jam dimana diasumsikan distribusi bangkitan dan tarikannya seragam: 20% di masing-masing inlet-outlet
- Semisal pintu masuk hotel di B dan pintu keluar hotel di E
- Bebankan pada jaringan (seperti yang sudah dilakukan di kondisi eksisting)
- Bandingkan kinerjanya



	A	B	C	D	E	Masuk
A	0	190	284	714	307	1496
B	166	0	143	358	153	821
C	166	94	0	358	153	772
D	400	228	342	0	368	1338
E	250	143	214	536	0	1143
Keluar	983	655	983	1966	982	



	A	B	C	D	E	Masuk
A		800				
B						
C		800				
D		800				
E	800	1600	800	800		400
Keluar		4000				

PERBANDINGAN KINERJA SIMPANG

1. Umumnya, sangat sulit untuk menyamakan hasil arus lalu lintas di simpang antara hasil simulasi dan lapangan
2. Jika hasil simulasi arus lalu lintas di simpang tidak dapat merepresentasikan hasil arus lapangan, maka pada kondisi eksisting gunakan data hasil survei arus lalu lintas di simpang untuk menghitung kinerjanya (**JANGAN DIGUNAKAN ARUS LALU LINTAS DI SIMPANG HASIL SIMULASI**)
3. Pada skenario (without) gunakan data hasil survei arus lalu lintas di lapangan dengan menambahkan faktor pertumbuhan
4. Pada skenario (with), pertumbuhan arus lalu lintas di simpang didapatkan dari **PROSENTASE SELISIH ARUS LALU LINTAS DI SIMPANG PADA KONDISI WITH AND WITH OUT DARI HASIL SIMULASI ARUS LALU LINTAS DI MODEL**

TERIMA KASIH

Semoga Bermanfaat dan Semua Peserta LOLOS Sertifikasi ANDALALIN