

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Teory Tentang Beton Ready Mix

Beton *ready mix* adalah campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambahan, dengan perbandingan tertentu sesuai dengan kualitas dan volume beton yang akan dihasilkan yang di campur dalam keadaan basah (segar) dan siap untuk dipakai.

2.1.1 Spesifikasi dari Beton Ready Mix

Untuk dapat dicampur, beton harus mengikuti beberapa perbandingan, sesuai dengan klas beton :

1. Beton klas A,

Mengandung kurang lebih 1 cwt (timbangan berat berdasarkan ratusan, 100 pon) semen, 2 ft^3 (setara $5,66 \times 10^{-2} \text{ m}^3$) dan 4 ft^3 agregat ukuran $\frac{3}{4}$ inch (setara $1,13 \times 10^1 \text{ m}^3$) dengan perbandingan 1 : 1.6 : 3,2 (perbandingan volume).

2. Beton klas B,

Mengandung kurang lebih 1cwt (timbangan berat berdasarkan ratusan, 100 pon)semen, $10,5 \text{ ft}^3$ (setara $7,08 \times 10^{-2} \text{ m}^3$) dan 5 ft^3 agregat ukuran $\frac{3}{4}$ inch (setara $1,42 \times 10^{-1} \text{ m}^3$) dengan perbandingan 1 : 2 : 4 (dengan perbandingan volume).

3. Beton klas C,

Mengandung kurang lebih 1 cwt (timbangan berat berdasarkan ratusan, 100 pon) semen, 5 ft³ pasir (setara $1,42 \times 10^{-1} \text{ m}^3$) dan 10 ft³ agregat ukuran 5,5 inch (setara $2,83 \times 10^{-1} \text{ m}^3$) dengan perbandingan 1 : 4 : 8 (menurut perbandingan volume).

W/C ratio = 0,53 untuk klas A dan W/C ratio = 0,58 untuk klas B dan C. Mengenai ketahanan terhadap kehancuran minimum dari klas-klas beton tersebut dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Kuat tekan beton minimum pada umur 7 hari dan 28 hari masing-masing setelah pencampuran

Klas	Setelah 7 hari 1 lb per square in ²		Setelah 28 hari 1 lb per square in ²	
	Tes laboratorium	Tes Lapangan	Tes laboratorium	Tes lapangan
Klas A	2480	2500	4375	3300
Klas B	2275	2000	3500	3000
Klas C	-	950	-	1400

Sumber : Advances in Ready Mix Concrete Teknologi

Spesifikasi tambahan :

- Harus ada sertifikat test dari semen yang dikirim sebelum digunakan.
- Pasir yang digunakan harus bersih.
- Tidak ada beton yang mempunyai slump lebih dari 7,5 cm.
- Tidak ada panas (secara alami) dan kubus.

Campuran beton dalam perbandingan 1 : 2 : 4 mempunyai kekuatan tekan minimum pada umur 28 hari tidak kurang dari 3000 lbs per square inch atau setara

$1,07 \times 10^7 \text{ N/m}^2$, dan beton dengan perbandingan 1 : 11 : 3 mempunyai kekuatan tekan minimum pada umur 28 hari tidak kurang dari 3750 lbs per square inch atau sekitar $2,59 \times 10^7 \text{ N/m}^2$. Untuk lebih jelas mengenai campuran beton diatas dapat dilihat pada tabel 2.2 dan 2.3

Tabel 2.2 Proporsi Campuran beton

No	Campuran Beton	m ³ dari agregat per 50 kg semen		Ukuran agregat maks	Nilai slump maks (mm)	Daya tahan terhadap kehancuran N/mm ²				
		Agg Halus	Agg Kasar			Bila digetarkan dikurangi 50%	Test Laboratorium		Test Lapangan	
							7 hr	28 hr	7 hr	28 hr
A	1:2:3	0,035	0,07	19 mm	100 mm	26,7	40	20	30	
B	1:1,5:3	0,05	0,10	19 mm	100 mm	22,7	34	17	25,5	
C	1:2:4	0,07	0,14	19 mm	100 mm	18,9	28	14	21	
D	1:3:6	0,10	0,20	38 mm						
E	1:10	0,35	-	19 mm						
F	1:12	0,50	-	-						

Sumber : Advances in Ready Mix Concrete Teknologi

Tabel 2.3 Perbandingan agregat kering dari 50 kg semen

Campuran Nominal	Campuran standart N/mm ²	Berat agregat halus Kg	Berat agregat kasar Kg	Ukuran Nominal maks
1:1:2	30	65	110	19 mm
1:1.5:3	25,5	80	135	19 mm
1:2:4	21	90	155	19 mm

Sumber : Advances in Ready Mix Concrete Teknologi

2.1.2. Campuran Semen dengan menggunakan semen portland biasa

Tabel 2.4 Campuran Beton dengan menggunakan semen portland

Campuran	Ukuran agregat kasar	m ³ agregat kering dari 50 kg semen		Kekuatan kubus minimum (N/mm ²)	
		Halus	Kasar	7 hari	28 hari
BETON BIASA DAN BETON PRATEGANG					
1	2	3	4	5	6
1:11/2:3	19 mm	0,05	0,10	17,22	25,75
1:2:4	12 mm	0,07	0,14	13,78	20,6
1:2:4	19 mm	0,07	0,14	13,78	20,6
1:3:6	38 mm	0,07	0,14	13,78	20,6
1:8	38 mm	0,28	0,28	5,5	7,6

Sumber : Advances in Ready Mix Concrete Technologi

Campuran beton biasa dan beton prategang menggunakan semen portland dapat dilihat pada tabel 2.4. Faktor air semen untuk beton dengan perbandingan campuran 1 : 2 : 4 maksimum 0,6. Sedangkan faktor air semen untuk beton dengan perbandingan campuran 1 : 5.5 : 3 maksimum 0,5.

Sedangkan nilai *slump* tergantung pada fas (faktor air semen) pada pengerjaannya, mengikuti beberapa batasan :

- a. Untuk *footing*, konstruksi beton diperkuat dengan getaran, mempunyai nilai *slump* antara 25 mm sampai dengan 75 mm.
- b. Untuk beton bertulang yang pengerjaannya dipakai alat penggetar, mempunyai nilai *slump* antara 75 mm sampai dengan 100 m.

- c. Untuk beton bertulang yang pengerjaannya tidak dipakai alat penggetar, mempunyai nilai slump antara 100 mm sampai dengan 150 mm.

2.1.3. Adukan Beton

Berbagai perbandingan volume yang digunakan dalam adukan beton dapat dilihat pada tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.5 Campuran Adukan Beton dengan 50,8 kg Semen

campuran biasa (perbandingan volume)	50,80 kg semen	Agregat Per 50,85 kg semen		Ukuran agregat kasar
		Halus	Kasar	
1	2	3	4	5
1 : 3 : 6	50,8 Kg	0,11 m ³	0,21 m ³	38 - 5 mm
1 : 2 : 4	50,8 Kg	0,07 m ³	0,14 m ³	19 - 5 mm

Sumber : Advances in Ready Mix Concrete Teknologi

Tabel 2.5 di atas menggambarkan perbandingan adukan beton untuk 50,8 kg semen pada campuran biasa. Beton yang dicampur sesuai proporsi / perbandingan diatas, diukur dengan ukuran volume. Pasir dan agregat juga merupakan bagian yang perlu diukur secara cermat, seperti dimensinya.

Perbandingan yang diberikan diatas hanya untuk agregat kering, bila agregat basah digunakan, maka dipakai tempat yang luas/besar.

2.2. Perencanaan Produksi

Pada industri beton *ready mix*, perencanaan proses produksi memegang peranan penting untuk dapat mencapai tujuan perusahaan. Perencanaan produksi ini merupakan acuan untuk kegiatan yang harus dilakukan pada proses industri. Dengan adanya perencanaan yang baik maka seluruh kegiatan dalam proses industri dapat

dianalisa dan hal-hal yang dapat menghambat ataupun menunjang lancarnya produksi dapat diperkirakan dan dikontrol.

2.2.1. Hal-hal yang mempengaruhi Perencanaan Produksi

Adapun hal-hal yang mempengaruhi perencanaan produksi pada industri beton *ready mix* adalah :

a. Volume produksi

Keputusan dalam perencanaan produksi banyak didasarkan pada berapa banyak volume produksi yang akan dihasilkan, dan selama berapa periode waktu jumlah tersebut akan diproduksi. Dasar penentuan volume dan laju produksi ini adalah ramalan penjualan untuk jangka panjang dan jangka pendek, tetapi juga harus merancang proses sehingga dapat diubah atau mengisi pemenuhan kebutuhan di masa yang akan datang dengan mudah, baik volume maupun laju produksi.

b. Kapasitas produksi

Volume yang akan dihasilkan untuk memenuhi permintaan pasar, perlu pertimbangan mengenai kapasitas produksi perusahaan. Hal ini sehubungan dengan terbatasnya kemampuan sumber daya yang ada. Dengan pertimbangan kapasitas produksi maka perusahaan akan selalu melihat kemampuan produksinya sebelum menerima atau meluaskan pasarnya. Dengan demikian maka tidak ada pemesanan yang dirugikan akibat pelayanan yang kurang memuaskan.

c. Jarak Lokasi Proyek

Jarak yang jauh untuk pengangkutan beton, memerlukan waktu yang lama. Proses pengikatan suatu beton merupakan fungsi dari waktu. Oleh karena itu perlu

dipertimbangkan mengenai campuran yang akan digunakan, alternatif route pengangkutan dan lain-lain untuk mengatasi kendala tersebut.

d. **Ketersediaan Sumber Material**

Ketersediaan sumber material menjadi salah satu kendala dalam perencanaan produksi. Bahan baku yang tidak memenuhi syarat secara kualitas untuk mencapai kekuatan beton serta kelangkaan suatu jenis material perlu dipertimbangkan bagaimana jalan keluarnya.

e. **Metode Produksi**

Metode produksi akan menentukan urutan-urutan pekerjaan dari proses produksi. Alat-alat serta sumber daya lainnya ditentukan oleh metode yang dipakai. Keberhasilan suatu proses sangat tergantung pada seberapa jauh metode yang dipakai sesuai dengan seharusnya.

2.2.2. Perencanaan Bahan Baku

Bahan baku dari industri beton terdiri dari agregat, semen, air dan bahan penambah. Kualitas material direncanakan tergantung pada kekuatan yang diminta serta sifat-sifat yang diinginkan. Perencanaannya meliputi penentuan prosedur pemeliharaan untuk menjaga kualitas bahan dan penentuan jenis pengujian bahan.

Sedangkan kuantitas material direncanakan berdasarkan pada volume produksi yang akan dilaksanakan meliputi penentuan stock material, siklus pemesanan dan besarnya jumlah pemesanan.

2.2.3. Perencanaan Peralatan

Perencanaan yang dilakukan adalah untuk penentuan jenis peralatan yang akan dipakai, prosedur pengoperasian, banyakya peralatan yang akan digunakan dan

pemeliharaan peralatan. Penentuan jenis peralatan tergantung pada proyek yang ditangani serta metoda produksi yang digunakan, meliputi :

a Peralatan penakar (*batcher equipment*)

Peralatan ini berfungsi untuk menampung dan mengukur material beton sebelum dituang kedalam *mixer*.

b Peralatan pencampur beton (*concrete mixer equipmet*)

Peralatan ini terdiri dari silinder yang dapat berputar terhadap porosnya dan didalam silinder ini terdapat sejumlah dayung (*paddle*) yang akan mengaduk campuran beton bila silinder ini berputar. Peralatan pencampur ini dapat berupa peralatan yang bersatu dengan *batcher* yang dikenal dengan *sentral-mix*, truk *mixer*, atau yang dapat dioperasikan dilokasi proyek.

c Peralatan pengangkutan beton,

Terdiri dari beberapa jenis alat pengangkut, yaitu *concrete dump truck*, *concrete pump*, *truck agitator*.

d *Loader*.

Digunakan untuk pemuatan material pada *bactcher*, pemindahan material dalam hal ini mengatur penempatan material.

Prosedur pengoperasian dimaksudkan untuk menuntun pengoperasian dan pemeliharaan yang berdasarkan rekomendasi dari pembuatnya dan kondisi lingkungan dimana peralatan dioperasikan. Dengan adanya kerusakan peralatan, kecelakaan dan keterlambatan program pelaksanaan dapat dihindari.

2.2.4. Perencanaan Sumber Daya Manusia

Salah satu sumber perusahaan yang paling penting adalah sumber daya manusia, meliputi :

a. Operator.

Operator yang diperlukan adalah untuk mengoperasikan seluruh sistem peralatan yang digunakan dalam industri, bertanggung jawab untuk menjalankan peralatan agar bekerja dan memproduksi sesuai dengan yang diinginkan.

b. Pengawas lapangan

Merupakan orang yang bertugas mengontrol semua prosedur pekerjaan yang dilaksanakan, terdiri dari pengawas di *bacching plant* dan dilokasi proyek.

c. Tenaga administrasi.

2.3. Proses Produksi

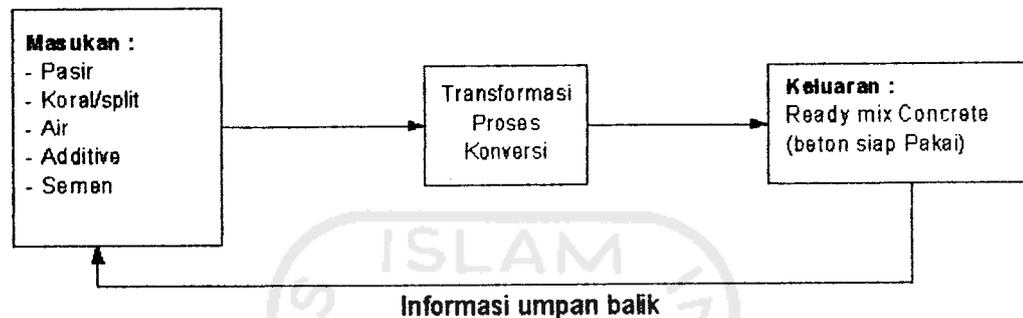
Proses produksi merupakan aktifitas lanjutan dari perencanaan yang akan mewujudkan tujuan dari perusahaan. Proses produksi dalam industri beton *ready mix* ini mengikuti metode dan alur tertentu sesuai dengan jenis dan sistem tertentu yang dianut oleh perusahaan. Pertimbangan pengambilan sistem dan metoda-metoda yang diterapkan mengacu pada kelayakan usaha serta pengalaman dalam menangani industri beton *ready mix*.

2.3.1. Sistem Produksi

Yang dimaksud dengan sistem adalah merupakan suatu rangkaian unsur-unsur yang saling terkait dan tergantung serta saling pengaruh mempengaruhi satu dengan lainnya yang keseluruhan merupakan satu kesatuan bagi pelaksanaan kegiatan. Sedangkan produksi adalah secara umum diartikan sebagai suatu kegiatan atau proses yang mentransformasikan masukan (*input*) menjadi hasil keluaran (*output*). Jadi sistem produksi adalah suatu keterkaitan unsur-unsur yang berbeda-

beda secara terpadu, menyatu dan menyeluruh dalam mentransformasikan masukan menjadi keluaran.

Secara umum sistem produksi industri beton *ready mix* dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Sistem Produksi Industri Beton *ready mix*

2.3.2. Siklus Produksi

Siklus produksi dari industri beton *ready mix* sangat sederhana, sesuai dengan sistem yang digunakan. Dimulai dari persiapan bahan baku (pasir, kerikil, semen, air, bahan penambah serta persiapan peralatan yang akan dipakai). Kemudian dilakukan penakaran (penimbangan) untuk masing-masing jenis material sesuai desain yang direncanakan. Setelah itu material tersebut dicampur pada *mixer(truck mixer)* dengan pencampuran mengikuti aturan yang ditentukan. Pengadukan selesai apabila pengontrolan adukan secara visual menyatakan baik, dan selanjutnya beton yang sudah jadi diangkut kelokasi pemesanan.

2.3.3. Persiapan Material

A. Semen

Semen yang digunakan sebagai bahan campuran beton pada umumnya menggunakan semen portland. Semen portland merupakan salah satu semen *hidrolik*, yaitu suatu bahan pengikat yang mengeras jika bereaksi dengan air serta

menghasilkan produk yang tahan air. Contoh lain semen putih dan semen alumina. Sifat-sifat teknis dari semen portland tergantung pada : susunan kimianya, kadar gips dan kehalusan butirannya. Hal yang harus diperhatikan dari semen portland adalah pengikatannya dan pengerasanya. Ada 5 type semen portland yaitu type I, II, III, IV, V, sesuai dengan klasifikasi yang ditentukan oleh ASTM. Kelima type tersebut tergantung pada penggunaannya, karakteristik dan prosentase dari bahan-bahan kimianya.

B. Agregat

Agregat adalah butiran material alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Jenis agregat ini terdiri dari agregat kasar (kerikil) dan agregat halus (pasir). Penggunaan agregat dalam beton memiliki porsi terbesar yaitu sebesar 60% - 80% dari volume totalnya. Oleh karena itu gradasi diupayakan saling mengisi menjadi satu kesatuan massa yang utuh, homogen dan kompak, yaitu agregat berdiameter kecil mengisi ruang kosong diantara agregat besar. Disamping itu harga agregat dipasaran relatif lebih murah. Maka penggunaan agregat yang banyak pada campuran beton akan sangat menguntungkan, sehingga beton yang dihasilkan akan ekonomis.

C. Air

Fungsi air dalam campuran beton adalah untuk terjadinya hidrasi, yaitu reaksi kimia antara semen dan air yang menyebabkan campuran menjadi keras setelah lewat beberapa waktu. Penambahan air yang lebih pada pencampuran bertujuan ekonomis, yaitu dengan banyaknya air maka penggunaan agregat akan lebih banyak pula tetapi penambahan jumlah air akan dapat mengurangi kekuatan beton setelah mengeras.

D. Bahan Tambahan (*Additive*)

Bahan tambahan ini digunakan bila diperlukan. Bahan tambahan adalah suatu bahan berupa serbuk atau cairan yang ditambahkan kedalam campuran beton selama pengadukan dalam jumlah tertentu dengan tujuan untuk mengubah beberapa sifatnya.

2.3.4 Persiapan Peralatan

a. *Batcher*

Metoda yang digunakan dalam pembuatan beton ini adalah menggunakan penakaran berat. Keakuratan penimbangan bahan campuran akan sangat menentukan keberhasilan kualitas beton yang diproduksi.

b. *Mixer*

Mixer yang akan dipakai dibersihkan dari kotoran-kotoran maupun sisa-sisa pengadukan beton sebelumnya, juga diperiksa berfungsinya alat tersebut.

c. Truk Pengangkut

Truk dalam hal ini berfungsi sebagai pengangkut dan *agitator* harus dalam kondisi baik, sehingga tidak dimungkinkan kendaraan rusak diperjalanan.

2.3.5. Penakaran Material (*Batching*)

Untuk pembuatan beton berkualitas sedang dan tinggi, di dalam PB 1989 4.2.4 mensyaratkan bahwa proporsi campuran beton harus dilakukan dengan penakaran berat (*weight batching*). Ada dua cara penakaran dilakukan, tergantung dari peralatan yang digunakan yaitu :

a. *Single material batcher*

Single material batcher merupakan *batcher* yang paling sederhana. Untuk mengisi *batcher* dengan jumlah yang sesuai, operator membuka *gate* yang

terdapat dibagian bawah *batcher* dengan bukaan yang sesuai. Jika *gate* ini dioperasikan secara manual maka operator harus memperhatikan skala bukaan dengan hati-hati, untuk menghindari terlalu banyaknya material yang diambil dalam *batcher*. Keuntungan dari penggunaan *batcher* ini adalah masing-masing material diukur dan ditimbang sendiri.

b. *Multiple* atau *Cummulative batcher*

Pada *mutiple batcher*, sejumlah agregat material beton yang berbeda yang terlebih dahulu ditimbang, dimasukkan dibagian atas. Semen dan air yang diukur terpisah juga dimasukkan. Pengukuran air dilakukan dalam volume. Agregat pertama ditimbang, kemudian agregat kedua, sehingga berat sekarang adalah berat pertama dan kedua. Dan seterusnya sehingga proporsi beton untuk campuran terpenuhi.

2.3.6. Pengadukan Beton

Pengadukan beton dilakukan dalam *mixer* yang sekaligus sebagai pengangkut *agitator*. Kapasitas pengadukan ini maksimum adalah 5 m³ beton untuk tiap *mixer*. Bahan baku yang telah ditimbang dalam batching dicampur dengan cara sebagai berikut:

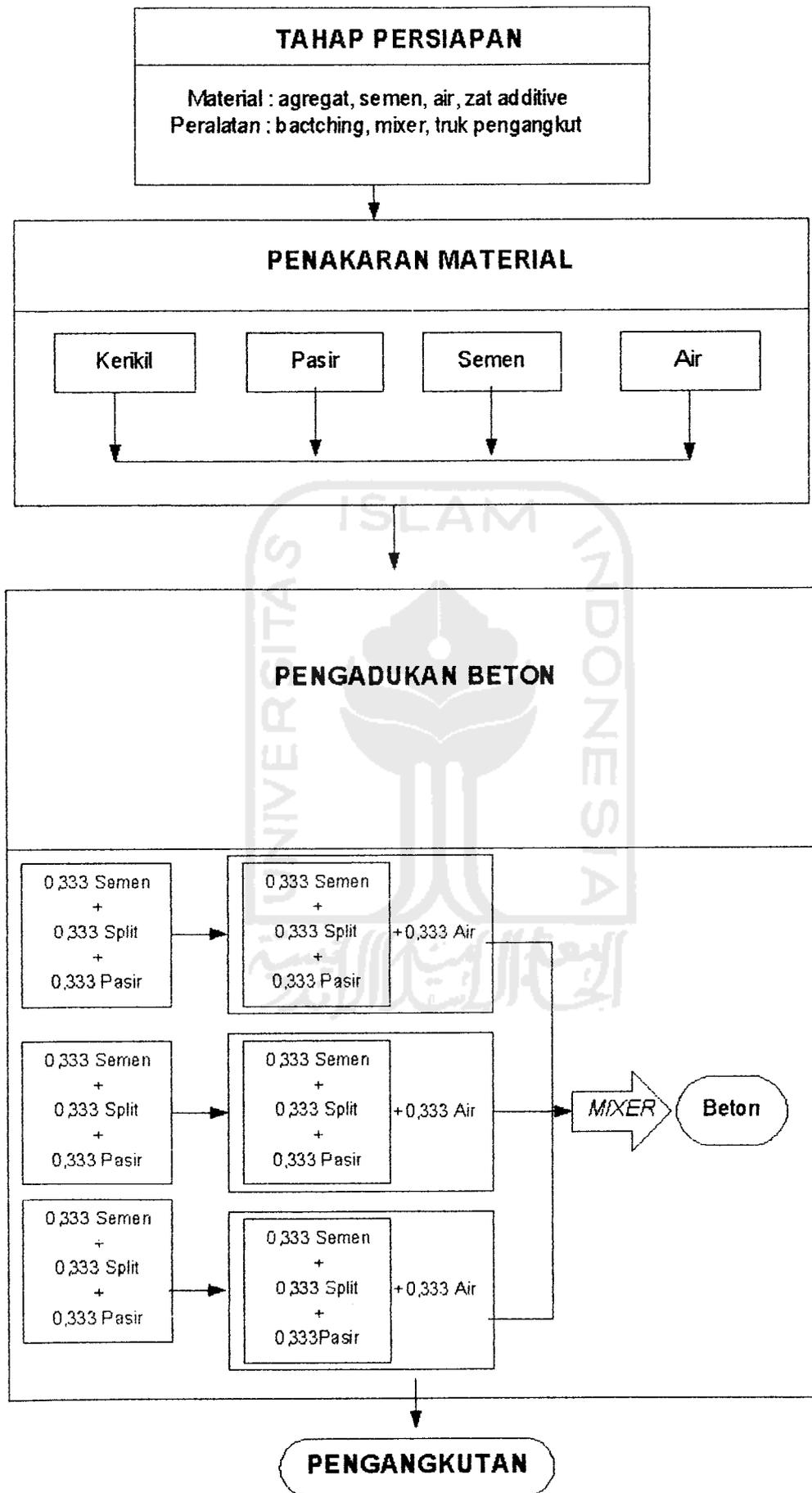
Agregat diangkut melalui *belt conveyer* masuk kedalam *mixer* bersamaan dengan semen dengan proporsi sepertiga dari jumlah material yang direncanakan, setelah itu air dimasukkan dengan volume sepertiga desain yang telah ditetapkan. Setelah sepertiga campuran pertama matang kemudian dilanjutkan dengan sepertiga campuran yang kedua dan sepertiga campuran ketiga sampai mencapai volume yang

ditentukan. Selama proses pemasukan bahan baku, *mixer* harus tetap bekerja hingga pengawas pengadukan menyatakan campuran telah siap untuk diangkut.

2.3.7. Pengangkutan

Pengangkutan beton dari *batching plant* ke lokasi proyek harus memperhatikan sifat-sifat beton segar. Dalam hal ini pengangkutan beton dibatasi oleh beberapa faktor yang mempengaruhi produksi beton. Faktor tersebut adalah keterlambatan pengangkutan, mengeringnya beton, segregasi, pemadatan.

Pengangkutan beton dilakukan dengan menggunakan truk jenis *agitator*. Truk ini berfungsi untuk mengurangi terjadinya segregasi, adanya pemadatan beton, menjaga keseragaman beton saat dituangkan pada pengecoran. Semua yang tersebut diatas dimulai dari tahap persiapan material serta peralatannya hingga pengangkutan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.2



Gambar 2.2
Siklus Produksi pada Industri Beton Ready Mix

2.4. Teori Persediaan

2.4.1. Manajemen Persediaan

Pada pelaksanaan pekerjaan konstruksi, hubungan pekerjaan satu dengan yang lain saling terkait dan tergantung. Proses yang simultan itu harus diusahakan terus menerus tanpa hambatan, bila satu kegiatan terhambat akibat kekurangan material (*under stock material*), mungkin seluruh sistem akan terhenti. Kerugian yang diderita proyek adalah waktu penyelesaian tidak tepat sehingga pembayaran tenaga akan bertambah, biaya untuk operasi dan sewa alat akan bertambah dan lain-lain. Akumulasi biaya seluruh kerugian akan besar. Tetapi untuk menghindari kekurangan material (*stock out*), biasanya material ditimbun sebanyak mungkin (*over stock material*), namun ini akan terkendala oleh kapasitas gudang yang tersedia dan pemborosan karena investasi atau dana yang menganggur (*idle resources*). Masalahnya adalah bagaimana menentukan jumlah dan waktu yang tepat untuk memesan material sehingga proyek tidak kekurangan material dan tidak menimbun material.

Untuk mempertahankan tingkat persediaan yang optimum, maka diperlukan jawaban dua pertanyaan mendasar yaitu: jumlah barang yang harus dipesan dan waktu pemesanan kembali.

Ada dua jenis kondisi ekstrim yang dapat terjadi pada masalah persediaan barang atau material yaitu :

- a. *Over stocking*, yaitu kondisi dimana jumlah barang yang disimpan terdapat dalam jumlah yang besar untuk memenuhi permintaan dalam jangka waktu yang lama. Penyelesaian dengan kondisi ini mempunyai karakteristik bahwa pembelian dilakukan dalam jumlah yang besar dengan frekwensi yang jarang.

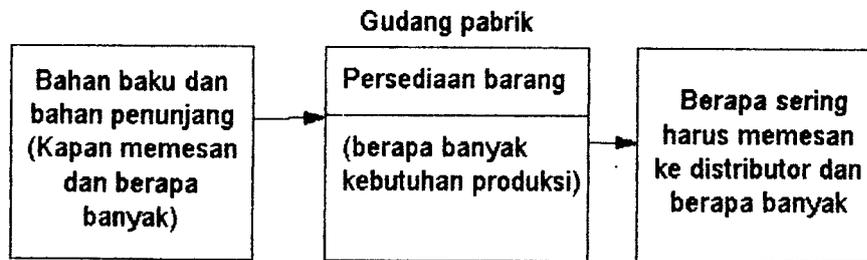
Hal ini mengakibatkan biaya penyimpanan (*holding cost*) menjadi besar, tetapi resiko kekurangan material menjadi kecil.

- b. *Under stocking*, yaitu suatu kondisi dimana persediaan dalam jumlah sedikit/terbatas untuk memenuhi kebutuhan dalam jangka waktu yang pendek. Karakteristik dalam kondisi semacam ini adalah pembelian barang dalam jumlah kecil dan frekwensi yang sering, biaya penyimpanan pada kondisi ini menjadi kecil.

Penyelesaian dengan dua kondisi ekstrim di atas memerlukan biaya yang lebih besar. Karena itu manajemen persediaan perlu dilakukan untuk menganalisa serta mendapatkan tingkat persediaan yang optimum sehingga dapat menekan biaya seminimum mungkin tanpa harus menyimpan persediaan barang yang berlimpah.

Pengendalian dan pemeliharaan sediaan barang-barang fisik merupakan masalah yang lazim di semua perusahaan. Ada beberapa alasan untuk menyimpan sediaan. Ini meliputi proteksi terhadap perubahan permintaan, menjaga arus produksi yang merata (*smooth*) dengan menyediakan fungsi pemutus antara tahap-tahap dalam produksi, dan menekan biaya bahan total dengan memanfaatkan diskon kuantitas. Selain itu sediaan dapat membantu dalam meningkatkan laju produksi dan menurunkan biaya produksi, jika melalui pemanfaatan yang cermat

Sistem manajemen sediaan dapat memberikan penghematan besar bagi perusahaan. Penghematan ini terwujud dalam berbagai bentuk, bergantung pada situasi perusahaan. Beberapa sumber penghematan demikian adalah biaya-biaya pembelian yang lebih rendah, biaya bunga yang lebih rendah atau meningkatnya ketersediaan dana internal, biaya operasi yang lebih rendah, biaya produksi per unit yang lebih rendah, penyerahan produksi yang lebih andal, dan layanan pelanggan yang lebih baik.



Gambar 2.3 Titik-titik Sediaan

2.4.2. Pengawasan Persediaan

Setiap gerak atau pengaturan yang ada di industri harus mempunyai tujuan agar industri dapat berhasil dengan baik. Pengawasan persediaan dijalankan untuk memelihara terdapatnya keseimbangan antara kerugian dan penghematan dalam suatu persediaan barang di gudang, dan adanya biaya atau modal. Oleh karena itu menurut (Agus Ahyary, 1986, Pengendalian Produksi) pengawasan persediaan mempunyai tujuan antara lain :

- Menjaga pembelian kecil kecilan perlu dihindari, yang mengakibatkan ongkos pesan menjadi besar.
- Menjaga agar tidak kehabisan persediaan, sehingga dapat mengakibatkan terhentinya proses produksi.
- Menjaga supaya penyimpanan dalam gudang tidak dilakukan secara besar-besaran, yang dapat mengakibatkan biaya menjadi tinggi.

Dari keterangan diatas dapatlah dinyatakan bahwa tujuan pengawasan persediaan untuk memperoleh kualitas dan jumlah yang tepat dari bahan-bahan/barang-barang yang tersedia pada waktu yang dibutuhkan dengan biaya-biaya yang minimum untuk keuntungan atau kepentingan perusahaan.

Dengan kata lain pengawasan, bertujuan untuk menjamin terdapatnya persediaan pada tingkat yang optimal agar produksi dapat berjalan dengan lancar

dengan biaya persediaan yang minimal. Jadi dalam rangka mencapai tujuan tersebut diatas, pengawasan persediaan mengadakan perencanaan bahan-bahan apa yang dibutuhkan baik dalam jumlah maupun kualitasnya.

Pengaturan persediaan bahan baku agar dapat menjamin kelancaran proses produksi secara efektif perlu ditetapkan kebijaksanaan-kebijaksanaan yang berkenaan dengan persediaan. Pemesanan barang harus ditentukan berapa jumlah yang di pesan agar pemesanan ekonomis, dan kapan pemesanan dilakukan. Perlu juga ditentukan berapa besarnya persediaan penyelamat (*buffer stock*) yang merupakan persediaan minimum.

Pemesanan bahan baku yang dibutuhkan dapat dilakukan dengan dua macam cara (Agus Ahyary, 1986, Pengendalian Produksi) yaitu :

a. Pemesanan pada saat persediaan mencapai titik tertentu.

Adalah suatu sistem atau cara pemesanan bahan baku, yang dilakukan apabila persediaan telah mencapai suatu titik tertentu. Jika bahan-bahan terus diproses, maka jumlah persediaan semakin menurun sampai titik batas, tertentu, dan harus dipesan kembali, model semacam ini biasanya jumlah bahan yang dipesan selalu sama.

b. Pemesanan dilakukan pada saat waktu tertentu, waktu yang ditetapkan dicapai.

Adalah suatu sistem atau cara pemesanan bahan dimana jarak waktu atau interval waktu pemesanan tetap. Jadi cara ini ditentukan waktu pemesanan dengan jarak yang tetap. Cara ini dapat digunakan untuk mengawasi persediaan barang-barang yang banyak jenisnya serta tinggi nilainya.

2.4.3. Faktor-faktor yang mempengaruhi persediaan bahan baku

Di dalam penyelenggaraan persediaan bahan baku untuk kepentingan pelaksanaan proses produksi dari suatu industri, maka akan terdapat beberapa macam faktor yang akan mempunyai pengaruh terhadap persediaan bahan baku tersebut akan terdiri dari beberapa macam dan akan saling berkaitan antara satu faktor dengan faktor yang lain. Namun demikian secara bersama-sama faktor-faktor tersebut akan mempengaruhi jumlah persediaan bahan baku yang ada dalam suatu industri.

Adapun berbagai macam faktor yang mempengaruhi persediaan bahan baku tersebut adalah :

a. Perkiraan pemakaian bahan baku

Berapa banyak jumlah bahan baku yang dipergunakan untuk kepentingan proses produksi dalam satu periode, akan dapat diperkirakan oleh manajemen perusahaan dengan mendasarkan diri pada perencanaan produksi maupun skedul produksi yang telah disusun dalam suatu industri.

b. Harga bahan baku

Semakin tinggi harga bahan baku yang dipergunakan, maka untuk mencapai sejumlah persediaan akan di perlukan dana yang semakin besar pula. Dengan demikian maka biaya dari modal yang tertanam di dalam persediaan bahan baku tersebut akan menjadi tinggi.

c. Biaya-biaya persediaan

Di dalam hubungannya dengan biaya-biaya persediaan ini, maka dikenal tiga macam biaya persediaan, yaitu biaya penyimpanan, biaya pemesanan dan biaya tetap persediaan. Biaya tetap persediaan adalah biaya yang jumlahnya tidak

terpengaruh bahan baku yang disimpan maupun frekwensi pemesanan bahan baku yang dilakukan.

d. Kebijakan pembelanjaan.

e. Pemakaian bahan.

Pemakaian bahan baku dengan mempergunakan metode peramalan yang sesuai dengan keadaan perusahaan akan dapat membantu penyelenggaraan persediaan bahan baku dalam perusahaan.

f. Waktu tunggu

Yang dimaksud dengan waktu tunggu (*lead time*) adalah waktu tenggang yang diperlukan (yang terjadi) antara saat pemesanan bahan baku tersebut dilaksanakan sampai dengan datangnya bahan baku yang dipesan tersebut.

g. Model pembelian bahan

Model pembelian bahan yang dipergunakan akan sangat menentukan besar kecilnya bahan baku yang diselenggarakan di dalam suatu industri. Sampai dengan saat ini model yang sering dipergunakan dalam perusahaan yaitu model pembelian dengan kuantitas pembelian yang optimal (*Economic Order Quantity*).

h. Persediaan pengaman

Pada umumnya untuk menanggulangi adanya keadaan kehabisan bahan baku dalam perusahaan yang bersangkutan akan mengadakan persediaan pengaman (*safety stock*). Persediaan pengaman ini akan dipergunakan apabila terjadi kekurangan bahan baku, atau keterlambatan datangnya bahan baku yang dibeli.

i. Pembelian kembali

Pembelian kembali yang dilaksanakan ini akan dapat mendatangkan bahan baku ke dalam gudang bahan baku dalam waktu yang tepat, sehingga tidak terjadi

kekurangan bahan baku karena keterlambatan kedatangan bahan baku tersebut, atau sebaliknya yaitu kelebihan bahan baku dalam gudang karena bahan baku yang dipesan tersebut datang terlalu awal.

2.4.4. Fungsi persediaan

a Fungsi *Decoupling*

Fungsi penting persediaan adalah memungkinkan operasi-operasi perusahaan internal dan eksternal mempunyai kebebasan. Persediaan *decouples* ini memungkinkan perusahaan dapat memenuhi permintaan pelanggan tanpa tergantung pada supplier.

b. Fungsi *Economic Lot Sizing*

Melalui penyimpanan persediaan, perusahaan dapat memproduksi dan membeli sumber daya dalam kuantitas yang dapat mengurangi biaya-biaya per-unit.

c Fungsi Antisipasi

Seiring dengan perusahaan menghadapi fluktuasi permintaan dapat diperkirakan dan diramalkan berdasar pengalaman atau data-data masa lalu, yaitu permintaan musiman. Dalam hal ini perusahaan dapat mengadakan persediaan musiman.

2.4.5. Komponen Permodelan

Biaya inventarisasi sebagian merupakan variabel dan sebagian lainnya merupakan biaya tetap. Biaya inventarisasi yang bersifat variabel adalah biaya yang berubah-ubah karena adanya perubahan jumlah persediaan yang ada didalam gudang. Biaya tersebut akan naik kalau kita meningkatkan jumlah persediaan yang disimpan dan berkurang apabila kita mengurangi jumlah persediaan yang disimpan. Sedangkan biaya inventarisasi yang bersifat tetap adalah elemen biaya inventarisasi

yang relatif tetap jumlah totalitasnya dalam jangka pendek dengan tidak memandang adanya variasi yang normal dalam jumlah persediaan yang normal dan jumlah persediaan yang disimpan.

Kualitas pesanan dan titik pesanan ulang ditentukan dengan meminimalkan biaya total penyediaan stock (biaya total inventarisasi). Biaya total inventarisasi adalah fungsi dari komponen-komponen biaya berikut :

$$\left[\begin{array}{l} \text{Total} \\ \text{Biaya} \\ \text{Inventarisasi} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{Biaya} \\ \text{Pembelian} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} \text{Biaya} \\ \text{Pemesanan} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} \text{Biaya} \\ \text{Penyimpanan} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} \text{Biaya} \\ \text{Akibat} \\ \text{Kekurangan} \end{array} \right]$$

a Biaya pembelian (*purchasing cost*)

Adalah biaya yang dikeluarkan untuk pembelian material. Harga ini semakin murah bila material yang dibeli semakin banyak, karena ada potongan harga, sehingga cenderung untuk membeli barang yang banyak dengan frekuensi yang kecil.

b Biaya pemesanan (*setup cost*)

Adalah biaya yang dikeluarkan bila pemesanan barang dilakukan. Semakin sering melakukan pesanan ulang dalam jumlah kecil, maka biaya yang dikeluarkan untuk pemesanan semakin besar.

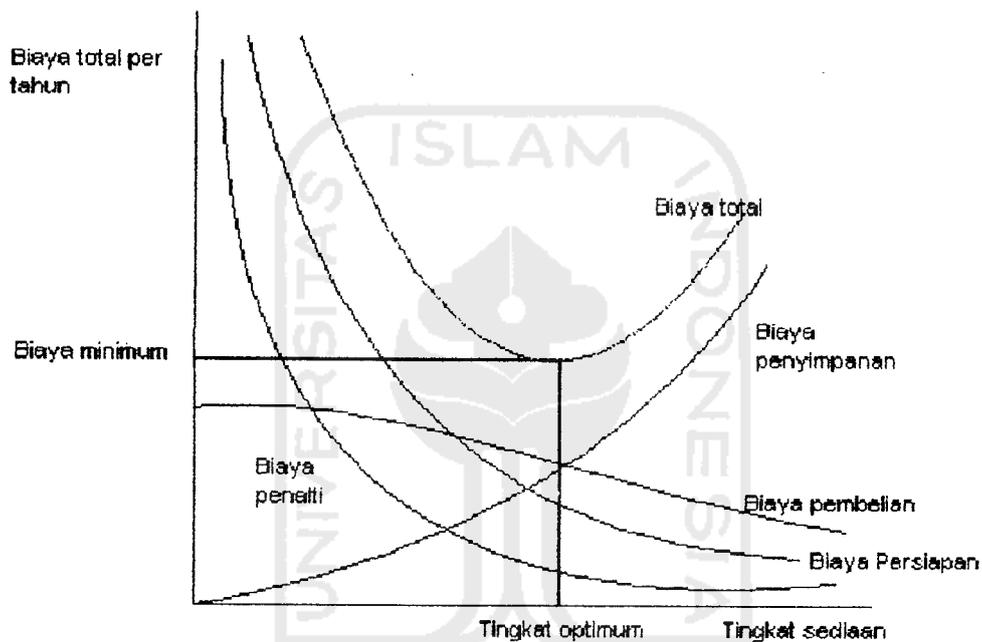
c Biaya penyimpanan (*holding cost*)

Adalah biaya yang harus dikeluarkan akibat penyimpanan barang, biaya ini sangat berpengaruh pada bunga dari modal yang diinvestasikan untuk pengadaan material.

d Biaya kekurangan (*shortage cost*)

Adalah biaya dikeluarkan akibat habisnya barang persediaan pada saat barang tersebut diperlukan. Biaya ini mencakup kerugian akibat keterlambatan kerja, tertundanya produksi dan kehilangan konsumen.

Hubungan dari komponen biaya diatas dapat dilihat pada gambar



Gambar 2.4 Grafik Fungsi Tingkat sediaan (dikutip dari "Riset Operasi" Taha, Hamdi)

2.4.6. Hal-hal yang mempengaruhi permodelan

Hal-hal lain yang mempengaruhi permodelan masalah persediaan adalah:

a. Pengisian kembali persediaan (*Stock replenishment*)

Pengisian suatu barang dapat terjadi segera setelah dilakukan pemesanan atau pengisian stok dilakukan pada waktu yang tetap atau seragam karena terikat suatu kontrak.

b. Horison waktu

Yaitu periode perencanaan tingkat persediaan. Horison waktu ini tergantung dari jangka waktu pemakaian kebutuhan yang sudah dapat diperkirakan.

c. Jumlah dan tipe barang

Menyatakan banyaknya jenis barang yang ditinjau dalam permodelan. Hal ini kadang-kadang berpengaruh pada tersedianya tempat penyimpanan, sehingga kendala terbatasnya tempat dalam permodelan harus diperhitungkan dalam permodelan.

d. *Delivery lag* atau *lead times*

Yaitu waktu antara penerimaan barang dan waktu pemesanan, ini sangat berhubungan dengan tersedianya material dipasaran.

2.4.7. Jenis Model Persediaan

Model persediaan yang tersedia sekarang ini adalah merupakan pengembangan dari model model dasar yang sederhana yang telah dibuktikan kegunaannya pada berbagai masalah persediaan. Sistematis kerja dari model persediaan ini adalah :

- a. Diskusi tentang biaya yang mempengaruhi persediaan
- b. Penentuan jumlah pesanan yang paling ekonomis berdasarkan biaya-biaya tersebut.
- c. Diskusi tentang waktu pemesanan ulang.

Perkembangan dari model ini terutama bila dikaitkan dengan kendala-kendala yang terlibat seperti biaya, kapasitas tempat penyimpanan, waktu antara pemesanan dan tibanya barang, waktu penyimpanan yang diijinkan dan karakteristik kebutuhan barang.

Berdasarkan dari karakteristik kebutuhan material, secara garis besar ada 4 (empat) jenis model persediaan :

a. Jika kebutuhan bersifat pasti (*Deterministic demand*)

- 1) Model inventarisasi *Static*, yaitu tingkat kebutuhan tetap (konstan) dari waktu ke waktu.
- 2) Model inventarisasi *dynamic*, yaitu tingkat kebutuhan bervariasi dari waktu ke waktu.

b. Jika kebutuhan bersifat tidak pasti (*Probabilistic demand*)

- 1) Model Inventarisasi *Probabilistic Stationer*, jika fungsi *probabilistic* kebutuhannya sama dari waktu ke waktu
- 2) Model inventarisasi *Probabilistic non Stationer*, jika fungsi *probabilistic* kebutuhan berubah dari waktu ke waktu

2.4.8. Model Inventarisasi Deterministik

A. Kompleksitas kebutuhan waktu

Kebutuhan akan bersifat kontinyu pada suatu waktu tertentu atau dapat juga terjadi diskrit pada suatu titik waktu tertentu. Sifat kontinyu mewakili kebutuhan yang bervariasi sangat kecil atau mengikuti arus pada setiap waktu, sementara sifat diskrit mewakili kebutuhan yang berubah secara mendadak pada suatu waktu. Kasus yang sering diatasi adalah bila tingkat kebutuhan konstan selama suatu periode waktu, dan hanya berubah dari suatu periode kelainnya Strategi penyelesaian terbaik adalah dengan menggunakan metode *Wilson Lot Size* yaitu jumlah kuantitas pesanan ekonomis (*Economic Order Quantity / EOQ*). Karena metoda analisa *EOQ* mengasumsikan kebutuhan bersifat konstan, sehingga pemesanan atau pengisian stock diadakan dengan jumlah yang sama. Penyelesaian ini dianggap model *inventarisasi deterministik statik*.

pesanan ekonomis (*Economic Order Quantity / EOQ*). Karena metoda analisa EOQ mengasumsikan kebutuhan bersifat konstan, sehingga pemesanan atau pengisian stock diadakan dengan jumlah yang sama. Penyelesaian ini dianggap model *inventarisasi deterministik statik*.

Untuk permodelan sistem *inventory* dengan tingkat kebutuhan bervariasi terhadap waktu (*dinamik*), karena kebutuhan bersifat pasti pada setiap waktu maka sistem peninjauan tingkat persediaan dilakukan secara berkala dengan anggapan tidak pernah terjadi kekurangan material. Bila pemesanan dilakukan dengan kuantitas yang sama seperti model *statik*, maka model *dinamik* menjadi rumit. Karena itu digunakan informasi kebutuhan selama selang atau perioda terbatas, perpanjangan dari perioda sekarang, dalam menentukan nilai yang layak untuk jumlah atau kuantitas pesanan yang sedang berlangsung. Perioda diatas dikenal sebagai *Planning Horizon* (horizon perencanaan) dan lamanya mempengaruhi biaya total. Peninjauan sistem inventarisasi menjadi secara periodik dengan selama peninjauan sebesar lamanya satu perioda.

B. Pilihan Pendekatan

Secara esensial ada 3 cara pendekatan untuk menyelesaikan kasus *deterministik* dengan pola kebutuhannya bervariasi terhadap waktu yaitu :

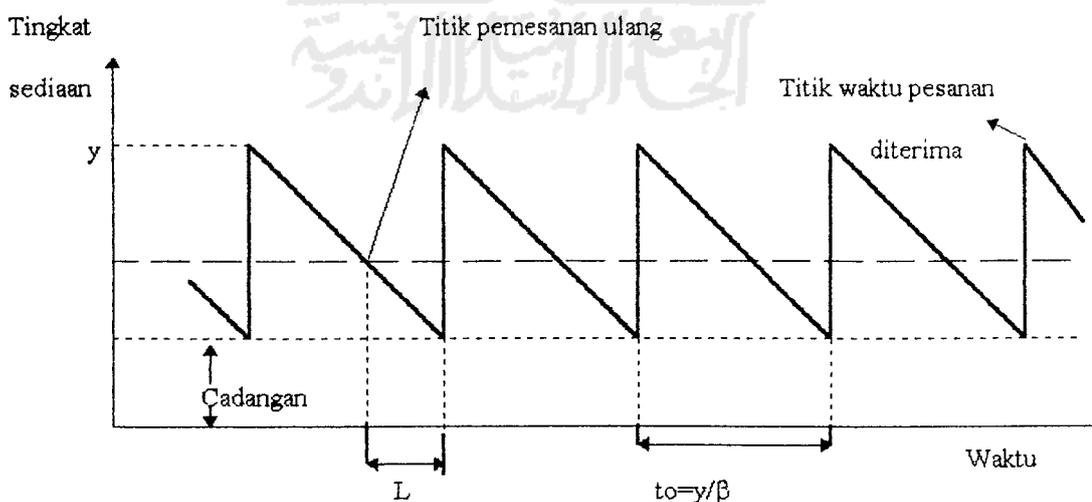
- a. Menggunakan metode optimasi jumlah/kuantitas pesanan ekonomis (EOQ). Pada kasus ini digunakan pendekatan paling sederhana yaitu mengasumsikan tingkat kebutuhan pada suatu horizon waktu adalah nilai rata-ratanya. Yang diharapkan dari asumsi adalah variasi dari pola kebutuhan sangat rendah atau diasumsikan tingkat kebutuhan konstan.
- b. Mempergunakan solusi tepat terbaik dengan model matematika sesuai situasi. Sesuai asumsi yang digunakan pada model matematika, maka tujuan utamanya

- c. Mempergunakan suatu *aproksimasi* atau metode *heuristik*. Ide yang dipergunakan berdasarkan pendekatan yang ditangkap dari esensi kompleksitas variasi waktu untuk mempermudah praktisi dalam menyelesaikan model inventaris yang sering memerlukan penyelesaian perhitungan yang panjang.

a. Metode Wilson Lot Size (*Economic Order Quantity*)

Metode ini digunakan bila variasi kebutuhan tiap periode kecil. Dengan menganggap tingkat kebutuhannya pada suatu horizon waktu adalah nilai rata-ratanya.

Bila diasumsikan kebutuhan rata-rata yang terjadi adalah β (per unit waktu) kemudian tingkat persediaan maksimum y dan tingkat inventory mencapai nol y/β satuan waktu setelah order quantity y diterima, maka secara visual masalah inventory dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut :



Gambar 2.5 Grafik variasi dalam tingkat sediaan
(dikutip dari "Riset Operasi" Taha, Hamdi)

Dengan melihat gambar diatas perhitungan untuk mendapatkan tingkat persediaan yang optimum dapat dilakukan.

Bila K adalah *setup cost* yang harus dikeluarkan setiap kali dilakukan pemesanan dan h adalah *holding cost* per unit *inventory* per satuan waktu, c adalah *purchasing cost* per satuan waktu dan biaya total per satuan waktu (TCU) sebagai fungsi dari y , maka :

TCU (y) = setup cost / sat waktu + holding cost / sat waktu

$$= \frac{K}{y/\beta} + h(y/2) \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana :

- $T_o = y/\beta$ = siklus persediaan
- $y/2$ = tingkat persediaan rata-rata

Harga optimum dari y dapat dicari dengan meminimumkan TCU (y) terhadap y , dan dengan menganggap y adalah variabel yang kontinyu, maka :

$$\frac{dTCU(y)}{dy} = -\frac{K\beta}{y^2} + \frac{h}{2} = 0 \dots\dots\dots (2.2)$$

Maka :

$$y = \sqrt{\frac{2K\beta}{h}}$$

$$t_o^* = y^*/\beta \quad \text{memesan } y^* \text{ unit } t_o^* \text{ unit waktu}$$

b. Metode Optimasi Dinamik Wagner Whithin

Pada model inventarisasi deterministik dinamik, horizon waktu ditentukan terbatas (*finite*), sehingga penyelesaian dengan program dinamik dapat digunakan.

Didefinisikan untuk suatu perioda i , dengan i berkisar dari i sampai dengan N , dan:

Z_i = jumlah barang yang dipesan untuk perioda i dan harus tersedia pada awal perioda i

D_i = jumlah barang selama perioda i

X_i = persediaan awal pada perioda i

h_i = biaya penyimpanan per unit persediaan dari awal perioda i sampai awal perioda $i+1$

K_i = *setup cost*, biaya pemesanan pada perioda i

$C_i(Z_i)$ = fungsi harga barang, Z_i jumlah pesanan barang

Biaya yang dikeluarkan untuk pembelian barang,,

$$C_i Z_i = \begin{cases} 0 & Z_i = 0 \\ K_i + C_i(Z_i) & Z_i > 0 \end{cases}$$

Fungsi $C_i(Z_i)$ diperhitungkan bila harga per unit barang bervariasi dari satu perioda ke perioda lainnya atau bila diberikan potongan harga.

Karena biaya akibat kekurangan material tidak diperhitungkan (*Shortage cost*), maka penyelesaian model ini adalah menentukan harga Z_i yang optimal dengan meminimumkan biaya akibat *setup*, biaya pembelian dan biaya penyimpanan untuk seluruh perioda N . Untuk biaya penyimpanan diasumsikan sesuai proporsi jumlah barang yang disimpan perioda I sampai $I+1$:

$$X_{i+1} = X_i + Z_i - D_i \dots\dots\dots (2.3)$$

Sehingga penyimpanan untuk perioda I dapat ditulis menjadi $h_i X_{i+1}$.

Asumsi diatas adalah untuk penyederhanaan, pada kenyataannya jumlah barang yang disimpan dihitung seperti diuraikan sebagai berikut :

Tingkat persediaan awal = $X_i + Z_i$

Tingkat persediaan akhir = $X_{i+1} = X_i + Z_i - D_i$

Biaya penyimpanan didasarkan atas tingkat penyimpanan pada periode i :

$$\frac{(X_i + X_{i+1})}{2} \dots\dots\dots(2.4)$$

Sehingga besarnya persediaan rata-rata pada periode i menurut perhitungan menjadi:

$$X_{rata-rata} = \frac{Persediaan'awal + Persediaan'akhir}{2}$$

$$X_{rata-rata} = X_{i+1} + D_i / 2 \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan X_i (rata-rata) dibatasi $0 \leq D_{i+1} + D_{i+2} + \dots + D_N$. Dari batasan X_i tersebut, dapat diambil 2 kasus ekstrim untuk persediaan pada suatu periode yaitu :

Kasus 1 : $X_i = 0$, berarti pada periode i tidak terdapat sisa persediaan, dan pada awal periode $i + 1$ harus dilakukan pembelian untuk memenuhi kebutuhan periode $i + 1$ atau periode seterusnya.

Kasus 2 : $X_i = D_{i+1} + D_{i+2} + \dots + D_N$, berarti pada akhir periode i terdapat sisa persediaan sebesar X_i yang dapat memenuhi kebutuhan periode $i + 1$ sampai periode N .

Bila $f_i(X_i)$ adalah biaya total inventarisasi untuk periode $1, 2, 3, \dots, i$ yang merupakan fungsi X_i . Persamaan untuk penyelesaian model menjadi berikut :

Untuk periode 1:

$$f_1(X_1) = \min \{ C_i(Z_i) + h_i X_1 \} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$0 \leq Z_1 \leq D_1 + X_1$$

dengan, $0 \leq X_2 \leq (D_2 + \dots + D_N)$

Untuk perioda $i = 2, 3, \dots, N$

$$f_i(X_{i+1}) = \min \{ C_i(Z_i) + h_i X_{i+1} + f_{i-1}(X_{i+1} + D_i - Z_i) \} \dots \dots \dots (2.7)$$

$$0 \leq Z_i \leq D_i + X_{i+1}$$

dengan, $0 \leq X_{i+1} \leq (D_{i+1} + \dots + D_n)$

Untuk metoda Wagner Whitin, program dinamik perhitungan diatas disederhanakan mengikuti asumsi atau teori berikut yang dibuktikan, yaitu :

- 1) Pengisian stok hanya dilakukan bila tingkat inventaris (persediaan) sama dengan nol.

Bila diketahui tingkat inventaris awal $X_i = 0$, sehingga bila jumlah perioda adalah N , maka solusi yang optimal pada perioda i adalah bila jumlah pesanan bernilai positif sebesar Z_i atau inventaris awal $X_i > 0$, yang berlaku salah satu sehingga $Z_i X_i = 0$

Teori diatas menyatakan secara tidak langsung bahwa pada perioda akan tidak ekonomis bila dilakukan penyimpanan inventaris dan melakukan pemesanan barang (membeli barang).

- 2) Jumlah pesanan pada perioda $i = Z_i$ adalah optimal, hanya bila berharga nol (0) atau dapat memenuhi secara tepat kebutuhan dari satu atau lebih perioda.

Algoritma yang diusulkan Wagner Whitin dibuat dengan batasan atau asumsi harga per unit material konstan dan identik untuk setiap perioda.

c. Metoda Optimasi Heuristik Silver Meal

Kebutuhan metoda untuk menganalisa suatu metoda inventarisasi yang tidak memerlukan perhitungan yang rumit yang dapat dengan mudah digunakan oleh

praktisi, menyebabkan dikembangkannya metoda heuristik. Secara khusus Silver-Meal (1973) mengembangkan suatu variasi perhitungan dari EOQ (*Economic Order Quantity*), yang pada dasarnya digunakan untuk perhitungan analisis model dengan kebutuhan bervariasi sangat kecil/tetap (konstan). Melalui beberapa pembuktian pada kasus-kasus sederhana ternyata metoda *heuristik Silver-Meal* dapat digunakan pada kasus model inventaris dengan pola kebutuhan sangat bervariasi terhadap waktu. Pengembangannya dilakukan dengan cara meminimkan total biaya yang berkenaan dengan jumlah pesanan. Bila pengisian stock dilakukan pada awal dan dapat mencukupi kebutuhan sampai perioda N ($i = 1, 2, 3 \dots N$), kriteria fungsi dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\frac{(Biaydsetup, K) + (Totalbiaydpenyimpanan'sampalakhir'periodèi, H)}{N} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dengan :

$I = 1, 2, 3 \dots N$, jumlah pada horison waktu

K = biaya setup setiap kali pemesanan

H = biaya penyimpanan yang dikenakan pada barang yang disimpan untuk memenuhi kebutuhan perioda setelah peninjauan.

1) Rekomendasi penggunaan metode Silver-Meal

Kebutuhan metoda untuk menganalisa suatu model inventarisasi yang tidak memerlukan perhitungan yang rumit dan dapat dengan mudah digunakan oleh para praktisi, menyebabkan dikembangkannya metoda *heuristik*. Metoda *Heuristik Silver Meal* digunakan pada model yang memiliki pola kebutuhan yang sangat variatif. Seberapa jauh model dengan pola kebutuhannya dapat dikatakan sangat

variatif dan disarankan menggunakan metoda *heuristik Silver Meal* harus melalui syarat suatu penelitian.

Suatu alat yang berguna dalam menentukan perubahan atau variasi pola kebutuhan suatu model inventaris adalah koefisien perubahan (*variability coefficient*) yang dilambangkan dengan VC.

$$VC = \frac{\text{Variankebutuhanperperiode}}{\text{Kwadrat rata - ratakebutuhanperperiode}} \dots\dots\dots (2.9)$$

Selanjutnya,

Rata- rata kebutuhan per periode : $E(D) = \frac{1}{N} [D(1) + D(2) + \dots\dots\dots + D(N)]$

$$E(D) = \frac{1}{N} \sum D(i)$$

Varian kebutuhan perperiode:

$$Var(D) = \frac{1}{N} [D(1)]^2 + \frac{1}{N} [D(2)]^2 + \dots\dots\dots + \frac{1}{N} [D(N)]^2 - [E(D)]^2$$

$$Var(D) = \frac{1}{N} \sum [D(i)]^2 - [E(D)]^2$$

Dengan mensubtitusikan kedua persamaan diatas pada persamaan (2.9) maka akan didapat:

$$VC = \frac{N * \sum [D(i)]^2}{[\sum D(i)]^2} - 1 \dots\dots\dots (2.10)$$

2) Metoda *Heuristik Silver Meal*

Oleh karena kendala pengisian stock harus dilakukan pada awal dari periode, selanjutnya strategi terbaik untuk melakukan pemesanan sejumlah kuantitas atau jumlah pemesanan sebesar Z, dengan keseluruhan periode mencapai i (i=1,2 ..., N) menjadi :

$$Z = \sum D(i) \dots\dots\dots(2.11)$$

Berdasarkan kriteria yang telah disebutkan sebelumnya, maka diambil nilai I yang dapat meminimkan biaya total yang berkaitan dengan pemesanan barang dan penyimpanan barang sampai horison waktu, periode N.

Diasumsikan bahwa biaya total yang berkaitan dengan pemesanan dan penyimpanan barang selama periode i disebut TRC (i) (*Total Relevant Cost per Unit Time / TRCUT*), disebut TRCUT (i) dengan :

$$TRCUT (i) = \frac{TRC(i)}{i} - \frac{(K + H)}{i} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dengan, K = biaya setup setiap kali pemesanan

H = biaya penyimpanan

i = jumlah perioda

Pada peninjauan pertama dilakukan alternatif pesanan untuk periode i,

- a) Bila $i = 1$, tidak akan ada biaya penyimpanan (H) karena pemesanan hanya untuk mencukupi keperluan pada periode 1.

$$TRCUT (1) = \frac{K}{1} - K \dots\dots\dots(2.13)$$

Dengan biaya setup yang bernilai besar, pemilihan ini menjadi tidak menarik bila dibandingkan pilihan yang kedua yaitu $i = 2$

- b) Bila $i = 2$, biaya penyimpanan menjadi $H > D (2)$, biaya penyimpanan untuk periode saja dalam satu perioda penyimpanan.

$$TRCUT (2) = \frac{K + (H * D(2))}{2} \dots\dots\dots(2.14)$$

Pada periode ini biaya *setup* dibagi menjadi 2 bagian tetapi terjadi penambahan biaya akibat penyimpanan material untuk pemenuhan periode 2.

- c) Bila $i = 3$, biaya penyimpanan untuk perioda 2 $D(2)$ dilakukan selama masa satu periode saja ditambah biaya penyimpanan kebutuhan periode 3 $D(3)$ untuk dua masa periode penyimpanan sehingga,

$$TRCUT(3) = \frac{K + (H * D(2)) + (2 * H * D(3))}{3} \dots\dots\dots (2.15)$$

Pada kasus yang terakhir ini, biaya *setup* dibagi menjadi 3 periode sedangkan biaya penyimpanan bertambah sejalan dengan pemenuhan untuk perioda berikutnya.

Ide dasar dari metode heuristik adalah mengevaluasi $TRCUT(i)$ sejalan dengan bertambahnya i sampai tercapai suatu keadaan berikut :

$$TRCUT(i+1) > TRCUT(i)$$

Yaitu biaya total yang berkaitan dengan pemesanan mulai bertambah. Bila hal ini terjadi maka pilihan jumlah pemesanan minimum terjadi pada periode i . Harus diingat bila pada suatu periode ternyata kebutuhannya bernilai 0 (nol), $D = 0$, maka dilakukan prosedur berikut dengan mengasumsikan $D(i) > 0$, $D(i+1) = 0$ dan $D(i+2) > 0$. Prosedurnya tetap mengevaluasi $TRCUT(i)$ selanjutnya melompat ke $TRCUT(i+2)$.

Ada kemungkinan $TRCUT(i)$ akan terus kontinyu menurun nilainya sampai $i = N$. Dalam hal ini, keputusan yang tepat adalah melakukan pemenuhan seluruh kebutuhan hingga horison waktu, (memenuhi kebutuhan hingga periode peninjauan sampai akhir horison waktu N). Dari situasi inilah pemakai metode heuristik harus meningkatkan kehati-hatiannya.

2.4.9. Titik Pemesanan Ulang

Pemesanan kembali barang atau material tidak dapat dilakukan secara sembarangan. Dalam pemesanan kembali barang perlu diperhatikan waktu pemesanan sehingga material tersebut dapat mencukupi kebutuhan sementara material yang dipesan belum sampai. Jadi dalam hal ini harus diperhatikan tenggang waktu pemesanan dan waktu datangnya material tersebut.

Cara menentukan titik pemesanan ulang tergantung dari sistem peninjauan. Ada dua cara peninjauan persediaan yang biasa dilakukan, yaitu peninjauan secara berkala dan peninjauan kontinyu.

1. Peninjauan Berkala

Yaitu peninjauan persediaan dilakukan dalam jangka waktu tertentu. Jika digunakan cara ini maka pemesanan ulang dilakukan secara berkala berdasarkan interval waktu.

2. Peninjauan Kontinyu

Yaitu peninjauan persediaan secara terus menerus. Biasanya dilakukan bila kebutuhan material sangat vital. Jika digunakan cara ini maka pemesanan dilakukan berdasarkan tingkat persediaan tertentu.

Khusus mengenai peninjauan secara kontinyu dimana pemesanan ulang dilakukan berdasarkan tingkat persediaan tertentu maka ada kemungkinan jika pemakaian kebutuhan begitu besar, persediaan yang ada pada suatu periode ke i ditambah jumlah pemesanan yang datang, berada dibawah tingkat persediaan yang tertentu.

Hal ini berarti harus ditentukan tingkat persediaan yang tertentu sebagai titik pemesanan ulang (*reorder point*) yaitu :

$$R = B + \beta \cdot L \dots\dots\dots (2.16)$$

Dimana :

R = titik pemesanan ulang

B = cadangan penyangga

$\beta \cdot L$ = pemakaian kebutuhan selama masa tenggang waktu

2.4.10. Cadangan Penyangga

Cadangan penyangga dipersiapkan untuk memenuhi kebutuhan bila sewaktu-waktu kebutuhan tersebut melebihi dari yang telah diperkirakan. Besarnya cadangan penyangga tergantung dari pemesanan ulang dan pemakaian selama tenggang waktu.

Misalnya $f(x)$ adalah fungsi kerapatan dari permintaan selama *lead time* dan kemungkinan kehabisan stock selama L tidak boleh melampaui p , maka jumlah *buffer* (B) ditentukan dari :

$$P(x \geq B + \beta L) \leq p \dots\dots\dots (2.17)$$

Perhitungan cadangan penyangga diperoleh dengan cara menentukan suatu tingkat resiko atau tingkat pelayanan yang diinginkan oleh perusahaan dalam memproduksi beton.

$$P(x \geq B + \beta L) \leq p$$

Diperoleh
$$s = \phi^{-1}(p) = \phi^{-1}(1 - p)$$

Maka :
$$\frac{(\beta + \beta L) - \mu m}{\sigma m} = \phi^{-1}(1 - p)$$

$$B_m = \beta_m + (1 - \rho) * \sigma_m - \beta L \dots\dots\dots (2.18)$$

Dimana :	p	= tingkat resiko yang diijinkan
	B_m	= cadangan penyangga
	βL	= konsumsi material selama waktu L
	L	= <i>lead time</i> , yaitu selang waktu antara pemesanan dan tiba barang di lokasi penyimpanan
	μ_m	= rata-rata kebutuhan
	σ_m	= standar deviasi

Penentuan cadangan penyangga akan lebih mudah bila jumlah kebutuhan dan masa tenggang waktu yang terjadi adalah tetap.

2.5 Tingkat Layanan (*Service Level*)

Service level dapat didefinisikan sebagai probabilitas dimana permintaan tidak akan melebihi persediaan selama *lead time* (yaitu jumlah persediaan *on hand* cukup untuk memenuhi permintaan), sehingga :

$$\text{Service level} = 100\% - \text{resiko kehabisan persediaan (} \textit{stock out risk} \text{)}$$

Jumlah cadangan penyangga berbeda pada setiap situasi tergantung pada faktor-faktor sebagai berikut :

1. Rata-rata persediaan
2. Rata-rata *lead time*
3. Tingkat *service level* yang diinginkan

