

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 TINJAUAN PUSTAKA**

Perawatan *diabetes mellitus* pada dasarnya terdiri dari komponen utama yaitu *debridement*, *offloading* dan penanganan infeksi. Keadaan sekitar luka harus dijaga kelembaban serta kebersihannya untuk mempercepat proses penyembuhan luka. Perawatan luka *diabetes mellitus* juga mencegah amputasi pada bagian luka dan menambah kualitas hidup untuk penderitanya.

Perancangan *bed* pasien sejauh ini masih sebatas pada tingkat kenyamanan pasien, hal ini dirasa kurang dikarenakan hak pasien dalam mendapatkan *personal hygiene* tidak dipedulikan. Perancangan terkait kenyamanan pasien telah dilakukan oleh Catalano dkk, (2006) dengan membandingkan *bed* pasien produk Amerika dengan *bed* pasien yang ada di China, menunjukkan bahwa hasil perancangan ulang yang dilakukan lebih murah dibanding *bed* pasien produksi Amerika.

Selain itu perancangan yang telah dilakukan oleh Astuti dkk, (2012) menghasilkan rancangan konsep *bed* pasien (*bed* bangsal dan transit) yang mempertimbangkan proses pemindahan pasien yang dapat mengurangi *low back* perawat di rumah sakit. Efisiensi waktu yang dibutuhkan saat perawat dan dokter melakukan pekerjaannya di dalam ruangan kritis sangat diperhitungkan, maka Dale dkk, (1992) melakukan perancangan *bed* pasien yang memudahkan perawat dan dokter dalam penggunaan waktu pada saat melakukan tindakan di dalam ruang kritis, yang mana perawat dan dokter tidak perlu berpindah-pindah tempat di dalam ruangan.

Pengembangan tidak hanya dilakukan pada *bed* pasien saja, namun juga dilakukan pada fitur tambahan *bed* pasien yang mampu menunjang dan menjawab dari kebutuhan penggunanya. Seperti perancangan yang telah dilakukan oleh Poehner dkk, (1988) yaitu, fitur *footboard* pada *bed* pasien untuk penyediaan rak dan penempatan peralatan yang dibutuhkan pada saat perawatan pasien.

Dalam perancangan ulang *bed* pasien harus memenuhi kebutuhan baik pasien maupun perawat yaitu nyaman, aman dan mudah dioperasikan. Perlu dilakukan analisa dari teori *Quality Function Deployment* (QFD) yang bertujuan untuk mengembangkan produk demi kepuasan dari pengguna yaitu pasien dan perawat (Ginting, 2011).

*Personal hygiene* adalah perawatan diri dimana individu mempertahankan kesehatannya, dan dipengaruhi oleh nilai serta keterampilan Mosby, (1994) dalam Pratiwi, (2008). Pemenuhan *personal hygiene* diperlukan untuk kenyamanan individu, keamanan, dan kesehatan. *Personal hygiene* dibagi menjadi beberapa macam meliputi perawatan kulit, mandi, oral hygiene, perawatan rambut, perawatan mata, perawatan hidung, perawatan telinga, perawatan kaki dan kuku serta perawatan genitalia (Potter dan Perry, 2005).

Dengan melakukan perawatan kaki pada pasien, baik dalam keadaan kadar normal atau naik yang dilakukan secara teratur untuk menjaga kebersihan diri pada pasien penderita Diabetes Melitus (Hidayat dkk, 2014).

Ditinjau dari beberapa penelitian yang telah dilakukan, pengembangan *bed* pasien terus dilakukan sampai saat ini. Namun masih banyak perancangan *bed* pasien yang hanya melakukan pengembangan pada tingkat kenyamanannya saja tanpa mempertimbangkan dari segi kebersihan pasien. Padahal pengembangan *bed* pasien dengan pemenuhan *personal hygiene* akan mempermudah perawat dan pasien. Maka dari kekurangan ini perlu dilakukan pengembangan *bed* pasien dengan multifungsi. Selain pengembangan kenyamanan, keamanan, memudahkan pasien ataupun perawat dan juga penambahan fitur fungsi untuk melakukan perawatan kebersihan pasien (*personal hygiene*).

## 2.2 DASAR TEORI

### 2.2.1 *Bed* Pasien



Gambar 2.1. *Bed* Pasien *One Crank*

(Sumber: *Catalogue MAK Hospital Equipment*)

*Bed* pasien adalah sarana yang diperuntukan bagi pasien atau orang yang sedang sakit dan biasanya bed ini banyak sekali berada di dalam rumah sakit, klinik maupun pusat pelayanan kesehatan masyarakat. Seiring perkembangan jaman *bed* pasien sudah banyak mengalami perubahan bentuk dan model seperti ditunjukkan pada (Gambar 2.1). *Bed* pasien diharapkan bisa memberikan perasaan tenang dan nyaman kepada pasien yang sedang dirawat. *Bed* pasien di rumah sakit haruslah didesain sesuai antropometri dengan ukuran yang tepat sehingga banyak kebutuhan pasien dan kebutuhan pelayanan yang dapat terpenuhi. *Bed* pasien memiliki fitur khusus baik untuk kenyamanan dan kesejahteraan pasien dan untuk kenyamanan petugas kesehatan. Fitur umum disesuaikan untuk seluruh *bed*, kepala, dan kaki, sisi rel yang dapat disesuaikan, dan tombol elektronik untuk mengoperasikan *bed*.

Seiring dengan perkembangan zaman dan semakin majunya teknologi demikian pula yang terjadi pada perkembangan *bed* rumah sakit. Semakin banyak penemuan baru yang membuat *bed* pasien menjadi semakin nyaman dan semakin memudahkan tenaga medis untuk merawat si sakit. Rumah-rumah sakit pun

berusaha untuk memenuhi kebutuhan akan *bed* yang lebih modern yang dibuat oleh para ahli dengan rancangan yang menyesuaikan kebutuhan pasien.

Salah satu faktor penting dalam pembuatan *bed* rumah sakit adalah penggunaan bahan baku atau material yang bermutu sekaligus aman sehingga dapat menjadi sarana untuk merawat pasien. Untuk produk *bed* rumah sakit dengan desain yang canggih pada umumnya dibuat untuk menjawab permintaan pasar akan *bed* yang modern dan praktis. Tentu saja konsumen harus membayar lebih mahal untuk mendapatkan *bed* dengan spesifikasi yang lebih modern.

Salah satu produk *bed* rumah sakit yang canggih tersebut adalah *bed* dengan mesin yang berada di bagian bawah sehingga sisi *bed* dapat terangkat secara otomatis. Model *bed* seperti ini didesain untuk penderita sakit yang harus *bedrest* dan tidak boleh meninggalkan *bed*. Dengan demikian pasien akan merasa lebih nyaman dengan produk *bed* modern dan paramedis pun lebih mudah dalam memberikan perawatan dengan sudut yang tepat. Ini dikarenakan ketinggian *bed* yang dapat diatur sesuai kebutuhan secara otomatis.

Untuk meningkatkan pelayanan kepada pasien saat sudah banyak klinik dan rumah sakit yang menggunakan *bed* semacam ini pada ruang gawat darurat hingga pada kamar rawat pasien. Harga yang ditawarkan untuk produk ini memang tidak murah, tetapi dengan *bed* rumah sakit tipe otomatis atau elektrik, pasien dijamin mendapatkan kenyamanan sehingga proses penyembuhan berjalan dengan lebih cepat.

Berikut merupakan contoh dari jenis *bed* pasien yaitu *bed* pasien dengan sistem manual dan *bed* pasien dengan sistem elektrik atau otomatis:



Gambar 2.2 *Bed* pasien dengan sistem manual  
(Sumber: Catalogue MAK Hospital Equipment)



Gambar 2.3 *bed* pasien dengan sistem elektrik  
(Sumber: Catalogue MAK Hospital Equipment)

### 2.2.1.1 Tipe *Bed* Pasien

Bed pasien memiliki berbagai macam tipe dan model dengan fungsi dan kebutuhan yang berbeda-beda. Berikut merupakan 2 tipe *bed* pasien, yaitu:

1. *Bed* pasien unit Perawatan Intensif (*Intensive Care Unit Beds*)

*Bed* Unit Perawatan Intensif dirancang pada perawatan pasien yang efektif baik staf medis maupun perawat. *Bed* Unit Perawatan Intensif, atau ICU untuk jangka pendek, dirancang untuk fungsi dan kemampuan yang sama untuk kepuasan pasien. Pasien yang akan ditempatkan di *bed* ini memiliki kondisi medis yang serius dan ICU *bed* dirancang untuk memberi staf medis tempat kerja yang praktis dan aman. Stryker Medical merupakan perusahaan *medical device* yang berada di Amerika Serikat, *bed* pasien untuk unit perawatan intensif selama lebih dari enam puluh tahun. Desain utama Stryker yang pertama dikenal sebagai *Wedge Turning Frame* dan dikembangkan pada tahun 1939. *Bed* pasien ini memungkinkan perawat untuk memudahkan mengubah posisi pasien dan membantu mengangkat luka tekan saat tidur yang disebabkan oleh imobilitas jangka panjang. Stryker terus merancang *bed* berdasarkan kemudahan penggunaan agar perawat lebih sedikit fokus pada *bed* dan lebih pada perawatan pasien. Desain saat ini oleh Stryker untuk *Intensive Care Units* adalah Epic II (Catalano dkk, 2006).

Epic II adalah *bed* rumah sakit Stryker Medical yang paling berteknologi maju. Fitur tambahan dari *bed* pasien ini meliputi teknologi *Zoom* yang merupakan bingkai *bed* pasien yang didorong motor untuk mengurangi stres yang disebabkan punggung perawat dengan terus mendorong dan menarik *bed* selama transportasi pasien. *Bed* pasien juga dilengkapi *radiolusen* untuk memungkinkan sinar-X diambil saat pasien masih berada di *bed*. Kontrol postur tubuh Epic II memiliki sandaran yang bisa diputar dari 0° sampai 90°. Pengubahan pada posisi lutut, atau ketinggian lutut, dari 0° sampai 30°, atau ketinggian kaki bagian bawah, dapat diputar dari - 12° sampai 12°. Kontrol dari semua elektronik didukung oleh arus bolak-balik 115 volt. *Bed* pasien ini juga

dilengkapi kontrol manual untuk penyesuaian semua postur yang berbeda, jika terjadi keadaan darurat dengan pasien. Stryker memiliki panjang keseluruhan 231 cm, lebar keseluruhan 107 cm, serta tinggi variabel antara 45 cm dan 82 cm. Stryker dapat menampung berat total pasien sebesar 226 Kg. The Epic II memiliki banyak fitur yang menjadikannya Stryker Medicals paling maju *Intensive Care bed* (Catalano dkk, 2006).



Gambar 2.4 Bed pasien unit Perawatan Intensif (*Intensive Care Unit Beds*)  
(Sumber: *Catalogue of Stryker Medical*)

Stryker Epic II ICU Bed profesional kesehatan "dan dilengkapi dengan kerangka dan pengaturan kasur yang mengurangi cedera dan luka tekanan yang terkait dengan reposisi, transfer, dan masa inap pasien jangka panjang. *Bed* pasien *TotalCare* memiliki kontrol *Point-of-Care* yang mudah digunakan sehingga pasien dapat menyesuaikan diri dengan posisi yang diinginkan sampai posisi duduk tegak. Untuk lebih mendukung pasien dalam posisi duduk yang benar, *Bed* pasien juga menggunakan mekanisme posisi pasien pivot (Catalano dkk, 2006).

## 2. *Bed* Pasien unit Medis atau Bedah

*Bed* pasien unit Medis atau Bedah adalah *bed* pasien yang digunakan untuk perawatan pasien. *Bed* pasien dirancang lebih untuk kenyamanan pasien dan memiliki fitur yang praktis untuk membantu perawatan pasien di rumah sakit. Pasien yang ditempatkan pada *bed* pasien Medis atau bedah umumnya berada dalam kondisi medis yang stabil dan akan menjalani rawat inap di rumah sakit yang cukup lama. Pasien yang ditempatkan pada *bed* Medis / Bedah biasanya akan lebih sedikit staf perawat dan memiliki kebebasan yang jauh lebih tinggi dari pada pasien yang ditempatkan di ICU. *Bed* pasien Medis / Bedah dirancang untuk kenyamanan pasien, namun tidak memberikan kenyamanan untuk staf medis dan perawat.

*The Hill-Rom VersaCare* adalah *bed* pasien bedah medis dengan sejumlah komponen unik yang diproduksi di Amerika Serikat. Sejumlah perusahaan *Medical Device* merancang *bed* pasien untuk meminimalkan kesenjangan *siderail* untuk mengurangi jebakan pasien, fitur penting dan menjadi topik masalah yang terjadi di Amerika Serikat. Faktanya, *Food and Drug Administration* (FDA) baru-baru ini mengeluarkan sebuah RUU untuk memastikan bahwa semua *bed* pasien telah memenuhi standar yang untuk mengurangi jebakan pasien. Komponen tambahan dari *bed* pasien *VersaCare* termasuk ketinggian hanya 45 cm dari bagian atas kasur ke lantai untuk meminimalkan risiko dan dampak pasien terjatuh dari *bed*. Terakhir, *easy grip* yang tidak hanya mengurangi kejadian jebakan pasien, namun juga dirancang agar pasien dapat dengan mudah memegang rel untuk memudahkan pasien bangun dari *bed* mereka.



Gambar 2.5 *Bed* pasien unit *Medical* atau *Bedah VersaCare*

(Sumber: *Catalogue of Stryker Medical*)

Untuk membantu perawat dan mengurangi risiko cedera pada pasien, serta mengurangi waktu yang dibutuhkan perawat untuk merawat pasien, *bed* pasien *VersaCare* menyediakan komponen penting: kepala *bed* yang tetap pada ketinggian konstan dan fitur *flex-a-foot* di *bed*. Ketinggian *headboard* telah dirancang berdasarkan ergonomi dan untuk mengurangi gaya yang dibutuhkan untuk memindahkan *bed*. Demikian juga, fitur *flex-a-foot* mengurangi perpindahan pasien ke *bed*, sehingga mengurangi waktu perawat harus menyesuaikan kembali posisi pasien mereka di *bed* (Catalano dkk, 2006).

## 2.2.2 Fitur yang terdapat pada *Bed* Pasien

### 1. Roda



Gambar 2.6 Roda *Bed* Pasien

Roda memungkinkan gerakan mudah dari *bed*, Sebagai fasilitas yang menunjang penggunaan baik pada ruangan atau diluar ruangan. Kadang-kadang beberapa gerakan di *bed* diperlukan dalam perawatan pasien. dilengkapi pengunci roda digunakan untuk keamanan, roda dapat dikunci ketika akan memindahkan pasien ke dalam atau keluar dari *bed*. Ditunjukkan pada (Gambar 2.2).

### 2. *Elevation*

*Bed* pasien pada bagian *frame* lantai dapat diangkat dan diturunkan pada bagian kepala, kaki, dan bagian-bagian tertentu. Sementara di *bed* pasien tipe *crank* dilakukan dengan engkol biasanya ditemukan di kaki pada *bed* pasien, sedangkan pada *bed* pasien yang modern memiliki fitur elektronik. Saat ini, pada *bed* pasien modern sepenuhnya memiliki banyak fitur yang elektronik, *bed* pasien semi – listrik memiliki dua motor, satu untuk mengangkat kepala, dan yang lainnya untuk menaikkan kaki.



Gambar 2.7 *Elevation Bed One Crank*

Menaikkan kepala (dikenal sebagai posisi *Fowler*) ditunjukkan pada (Gambar 2.3) dapat memberikan beberapa manfaat bagi pasien, staf, atau keduanya. Posisi *Fowler* digunakan untuk duduk pasien untuk makan atau tertentu kegiatan lain, manfaat pada beberapa pasien, dapat meringankan pernapasan, atau mungkin bermanfaat untuk pasien karena alasan lain. Menaikkan kaki dapat membantu gerakan kemudahan pasien ke arah kepala *bed* dan juga mungkin diperlukan untuk kondisi tertentu. Menaikkan dan menurunkan ketinggian *bed* pasien dapat membantu pasien untuk melakukan aktifitas diatas *bed* pasien, memberi kenyamanan bagi pasien dan memberi kemudahan perawat dalam melakukan perawatan pasien.

### 3. *Side Rail*

*Bed* pasien memiliki rel samping yang bisa dinaikkan atau diturunkan. rel ini, berfungsi sebagai perlindungan bagi pasien dan kadang-kadang dapat membuat pasien merasa lebih aman. Ada berbagai jenis *side rail* seperti pada (Gambar 2.4) untuk melayani dengan tujuan yang berbeda. Sementara beberapa hanya untuk mencegah jatuh pasien. *Side rail*, jika tidak dipasang dengan benar, dapat menjadi risiko untuk jebakan pasien.

Di Amerika Serikat, lebih dari 300 kematian dilaporkan antara tahun 1985 dan 2004. Akibatnya, Administrasi makanan dan obat telah menetapkan tentang keamanan *side rail*. Dalam beberapa kasus, penggunaan rel samping mungkin memerlukan bimbingan dokter (tergantung pada hukum dan kebijakan dari fasilitas yang digunakan). Terdapat kelebihan pada *bed* pasien yang ada, tergantung pada penggunaan pada *bed* pasien tersebut, Jika saat ini *bed* pasien dibedakan tergantung pada kelas ruangan yang digunakan oleh masing-masing pasien pada sebuah rumah sakit.



Gambar 2.8 Side Rail

### 2.2.3 Standar Nasional dan Internasional

Perancangan ulang dari bed pasien tidak dibuat dengan sembarangan namun harus mengikuti peraturan, termasuk peraturan cina dan yang ditentukan oleh Organisasi Standar Internasional (ISO). Untuk keamanan dan informasi tambahan, penelitian yang diberikan oleh *Food and Drug Administration* Amerika Serikat juga dipertimbangkan. Berikut ini adalah ringkasan standar yang ada berkaitan dengan tempat tidur Rumah Sakit di tingkat nasional (Catalano dkk, 2006).

### 2.2.4 Standar Nasional Cina

Pemerintah Cina memiliki rekomendasi untuk spesifikasi *bed* pasien rumah sakit. Dikenal sebagai Standar Industri Kuratorial Cina. Standar nasional ini mencakup hampir

semua aspek *bed* pasien dan dipertimbangkan dengan benar sebelum desain dapat mulai terbentuk. Standar Industri Kuratorial Cina akan mempengaruhi desain perancangan ulan dengan panjang, lebar, dan ketinggian yang spesifik. Rekomendasi pemerintah ini juga mengatur tingkat pergerakan pasien di dalam tempat tidur termasuk sandaran punggung, dan lutut. Standar Industri Kuratorial Cina menetapkan kapasitas berat yang dapat dipegang *bed* pasien dan juga panjang pagar pembatas keselamatan (*siderail*). Rekomendasi Industri Kuratorial spesifik Cina dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Standar Industri Kuratorial untuk *Bed* Pasien Rumah Sakit

(Sumber: Catalano dkk, 2006)

	Maximum Value	Minimum Value
<b>Bed Length</b>	200 cm	190cm
<b>Bed Width</b>	100cm	90cm
<b>Bed Height</b>	N/A	48cm
<b>Backrest (Inclined)</b>	90°	65°
<b>Knee Gatch</b>	180°	120°
<b>Weight Capacity</b>	N/A	240kg
<b>Force Moment at Handle w/ no added weight</b>	2 N×m	0 N×m
<b>Guardrail Height</b>	N/A	35cm
<b>Guardrail Length</b>	N/A	80cm

Parameter di atas pada Tabel 2.1 akan menjadi spesifikasi perancangan ulang yang dibuat, namun ada beberapa parameter Kuratorial Industri Standar Cina yang harus di pertimbangkan dalam perancangan ulang *bed* pasien. Bahwa *bed* pasien dirancang ulang dengan sistem secara manual, dengan penambahan fitur pada *bed* pasien seperti penempatan untuk keperluan *personal hygiene* pasien baik keramas maupun pencucian kaki pasien (Catalano dkk, 2006).

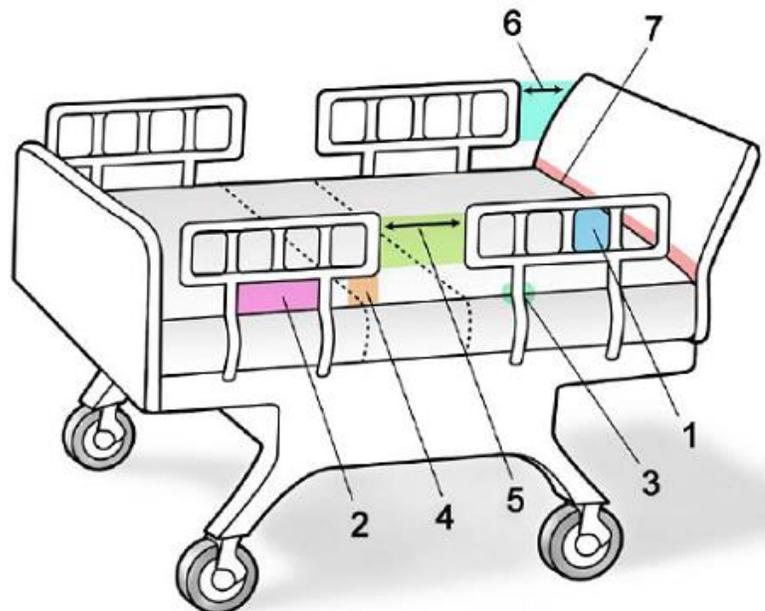
### 2.2.5 Food and Drug Administration (FDA)

American *Food and Drug Administration*, atau FDA, membuat sebuah pernyataan yang membahas secara detail banyak permasalahan yang melibatkan

jebakan pasien di *bed* rumah sakit. Untuk memastikan faktor keselamatan tertinggi bagi pasien dalam perancangan ulang *bed* pasien, perlu menerapkan panduan yang diberikan oleh FDA untuk meminimalkan risiko jebakan pasien agar tetap lancar pasien dalam perawatannya.

FDA melakukan penelitian dan mencari informasi dari Organisasi Internasional Standar, untuk penelitian di Stryker International, Hill Rom, America Red Cross dan sejumlah Rumah sakit terbaik di Amerika Serikat untuk mengetahui area tempat tidur rumah sakit modern mana yang paling berbahaya untuk jebakan, data ergonomis, jumlah kejadian jebakan di setiap tahun dan luka-luka yang diakibatkannya. FDA menyimpulkan bahwa ada tujuh zona yang paling berbahaya dan membuat rekomendasi ukuran untuk zona tersebut untuk mengurangi tingkat jebakan pasien.

Gabungan pengetahuan zona bahaya, seperti disimpulkan dari rumah sakit dan *bed* pasien produsen, serta data ergonomis, FDA membuat keputusan tujuh zona bahaya seperti dapat dilihat pada Gambar 2.9 berikut ini: Tujuh potensi daerah jebakan di tempat tidur rumah sakit ditentukan pada FDA pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Tujuh daerah potensi jebakan di tempat tidur rumah sakit ditentukan oleh FDA (Sumber: *Guidance for Industry and FDA Staff*)

Tujuh bagian dapat didefinisikan sebagai berikut:

1. Bagian 1 adalah area jarak dalam rel
2. Bagian 2 daerah bagian di bawah rel, di antara rel yang mendukung atau di samping rel tunggal
3. Bagian 3 adalah area antara rel dan kasur
4. Bagian 4 membedakan daerah di bawah rel, di ujung rel
5. Bagian 5 didefinisikan sebagai area antara rel tempat tidur terpisah
6. Bagian 6 antara ujung rel dan sisi samping papan kepala atau kaki
7. Bagian 7 menjelaskan area antara kepala atau footboard dan kasur akhir

Setelah menentukan tujuh zona di mana jebakan kemungkinan besar terjadi, FDA menggunakan data ergonomi dari Pusat Nasional untuk Statistik Kesehatan untuk menentukan keterbatasan tempat untuk empat zona dalam desain tempat tidur. Meskipun FDA mengenali tujuh bagian potensial dari jebakan, hanya satu sampai empat memiliki batas dimensi yang direkomendasikan karena merupakan area dimana jebakan paling mungkin terjadi. Ringkasan keterbatasan yang dikenakan pada zona ini dijelaskan di bawah ini.

Tabel 2.2 Ringkasan Rekomendasi Batas Dimensi Rumah Sakit FDA

(Sumber: *Guidance for Industry and FDA Staff*)

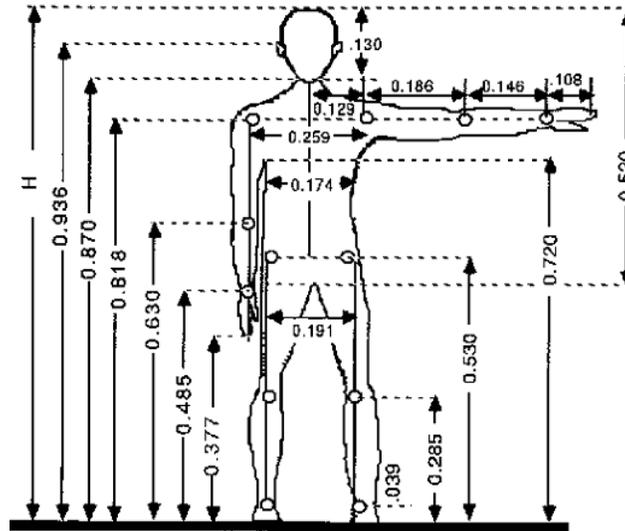
No.	Zona	Rekomendasi Batas Dimensi
1	Di dalam rel	<120 mm (<4 3/4")
2	Di bawah rel, di antara rel yang mendukung atau di samping satu dukungan rel tunggal	<120 mm (<4 3/4")
3	Antara rel dan kasur	<120 mm (<4 3/4")
4	Di bawah rel, di ujung rel	<60 mm (<2 3/8") Dan Sudut >60°

Meskipun zona lima sampai tujuh tidak memiliki rekomendasi batas dimensi, FDA memang mengenalinya sebagai zona potensial jebakan dan produsen untuk melaporkan kejadian jebakan di zona tersebut. Untuk Bagian 5, pasien mungkin mengalami jebakan leher atau dada pada bagian antara bedrails. Selain itu, rel berbentuk V menawarkan potensi jebakan dengan menjepit. Bagian 6 dapat terjadi risiko jebakan untuk wajah, leher atau dada yaitu terjepit di sudut. Oleh karena itu perlunya untuk melaporkan kejadian jebakan. Kemudian untuk Bagian 7, FDA mengenali area antara permukaan dibagian papan kepala atau papan kaki dan ujung kasur. Untuk mengatasi risiko jebakan, FDA merekomendasikan pemeriksaan rutin di *bed* pasien untuk memastikan bahwa bagoan papan kepala dan kaki terpasang rapat, kasur tidak bergeser dan kasur agar tidak terlalu tertekan (Hospital Bed System Dimensional and Assessment Guidance to Reduce Entrapment, 2006).

### **2.2.6 Data Antropometri**

Data antropometri adalah pengukuran untuk menentukan panjang seseorang berdasarkan ketinggian orang. Data antropometri ditentukan dengan melakukan berbagai pengukuran pada sampel orang secara acak. Data antropometri sangat penting bagi keberhasilan perancangan. Tanpa dimensi yang benar dari setiap bagian *bed* pasien dengan tubuh manusia, *bed* pasien akan sangat tidak nyaman bagi pasien untuk menggunakannya.

Data antropometri spesifik yang dilakukan pada perancangan akan langsung berhubungan dengan bagian-bagian tubuh, untuk mendapatkan dimensi yang sesuai untuk perancangan *bed* pasien. Data antropometri terdapat pada Gambar 2.10. Pada data antropometri semua berhubungan dengan ketinggian keseluruhan seseorang.



Gambar 2.10 Data Antropometri untuk seseorang yang berdiri  
(Sumber: Catalano dkk, 2006)

Perancangan ulang menggunakan data antropometri dari kepala ke punggung bawah untuk menghitung panjang sandaran *bed*. Untuk mengetahui panjangnya, mengambil keseluruhan panjang *bed* pasien dari tinggi badan seseorang. Dengan menggunakan table 2.2, didapat bahwa panjang dari kepala ke bagian bawah punggung orang lebih rendah yaitu 47% dari tinggi totalnya. Selanjutnya mengulangi proses yang sama dengan menggunakan data antropometri untuk pengukuran, panjang paha, dan panjang kaki bawah seseorang termasuk kaki. Grafik data antropometri kedua yang digunakan adalah seseorang dalam posisi duduk. Untuk menentukan panjang karakteristik masing-masing segmen pada perancangan ulang untuk *bed* pasien rumah sakit, menggunakan data seseorang dalam posisi duduk karena sangat mirip dengan posisi yang akan dipasang di tempat tidur rumah sakit yang sangat miring. Seperti yang terlihat pada gambar 2.11 di bawah ini. Pengukuran 3.1 digunakan untuk posisi miring belakang, 3,6 untuk slot gluteus maximus dan 3,9 digunakan untuk paha depan dan posisi (Catalano dkk, 2006).

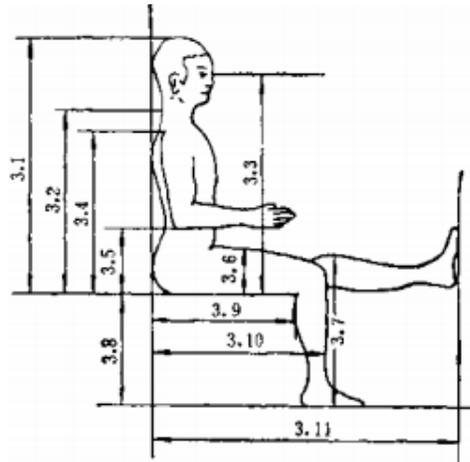


图 2-2 坐姿人体尺寸

Gambar 2.11 Data Antropometri menunjukkan berbagai proporsi manusia

(Sumber: Catalano dkk, 2006)

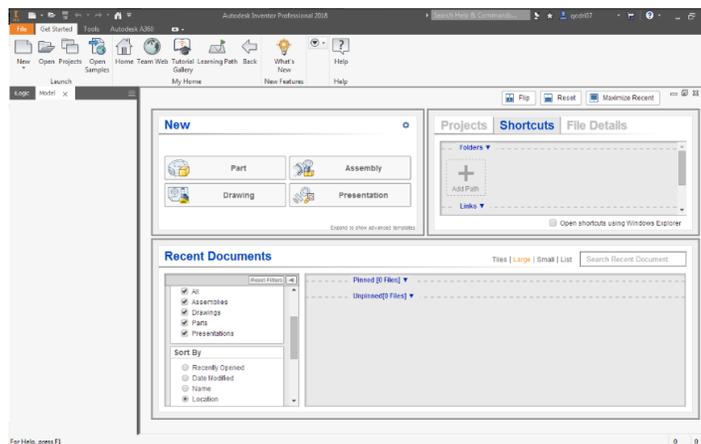
## 2.3 Software Perancangan

### 2.3.1 Autodesk Inventor Professional

Autodesk Inventor Professional (AIP) adalah salah satu perangkat lunak (*software*) jenis *Computer Aided Drawing* (CAD) yang lebih menekankan pada pemodelan solid. Perangkat lunak ini adalah salah satu produk dari Autodesk Inc. Autodesk Inventor lebih ditujukan untuk penggambaran teknik pemesinan (*Mechanical Engineering*) yang menyediakan secara lengkap fasilitas untuk memvisualisasikan model dalam 3D, gambar rakitan (*assembly*), gambar kerja (*drawing*), analisa tegangan (*stress analysis*), dan animasi dari benda yang akan dibuat secara digital. *Stess analysis* AIP menggunakan metode elemen hingga (*finite element methode*)/*Finite Element Analysis* atau yang sering disebut FEA.



Gambar 2.12 Logo Autodesk Inventor Professional 2018



Gambar 2.13 Halaman depan Autodesk Inventor Professional 2018

Pada *Autodesk Inventor* terdapat pilihan beberapa *template* yang terdapat pada halaman depan seperti ditunjukkan pada (Gambar 2.6). *Template* pada Autodesk Inventor Professional 2018 mempunyai kegunaan dan fungsi yang berbeda sesuai pekerjaan yang dibutuhkan.

Berikut adalah penjelasan pada masing-masing *template*:

#### 1. *Sheet Metal.ipt*

Digunakan untuk membuat bidang kerja baru untuk *part* atau komponen berjenis *metal* seperti benda-benda yang terbuat dari plat besi yang ditekuk-tekuk.

2. *Standard.dwg*

Digunakan membuat bidang kerja baru untuk gambar kerja 2D.

3. *Standard.iam*

Digunakan untuk membuat bidang kerja baru berupa gambar *assembly* yang terdiri atas beberapa *part* atau komponen.

4. *Standard.idw*

Digunakan membuat bidang kerja baru untuk gambar kerja 2D.

5. *Standard.ipn*

Digunakan untuk membuat bidang kerja baru berupa animasi urutan perakitan dari gambar *assembly* yang telah dirakit. Kita dapat memanfaatkannya untuk membuat gambar *Explode View*.

6. *Standard.ipt*

Digunakan untuk membuat bidang kerja baru berupa *part* atau komponen secara umum tanpa spesifikasi khusus seperti dalam pembuatan *part* pada *Sheet Metal*.

### 2.3.2 Autodesk Fusion 360



Gambar 2.14 Logo Autodesk Fusion 360

Program CAD 3D generasi baru *Fusion 360* membantu membuat cetak 3D secara grafis yang dapat digunakan dalam industri manufaktur untuk merancang dan

membuat jajaran produk dan suku cadang. Fusion 360 dibuat oleh Autodesk, yang juga pembuat perangkat lunak *AutoCAD* dan lain-lain. CAD adalah singkatan dari *Computer Aided Design* atau Desain Bantuan Komputer dan satu nama sebutan dari jenis ini yang paling maju adalah Autodesk Fusion 360.

*Software Autodesk Fusion 360* dapat secara cepat membuat rancangan terdepan untuk produk rumit, menciptakan antarmuka mudah dipakai dan merupakan solusi yang tepat. *Autodesk Fusion 360* bekerja pada jajaran platform, mulai dari perangkat PC desktop, dan dapat bekerja baik pada Sistem Operasi *Apple Mac* ataupun *Microsoft Windows*. *Autodesk Fusion 360* dapat digunakan pengguna pada satu proyek kerja tanpa perlu membuat *part* yang baru, menawarkan komentar dan masukan sebelum proyek diselesaikan untuk di cetak atau diproduksi. Dalam bisnis manufaktur, *Autodesk Fusion 360* adalah pilihan ideal. Selain itu, juga dapat dimanfaatkan oleh para arsitek, perancang interior dan banyak lagi.

## **2.4 Kinematika Benda Tegar**

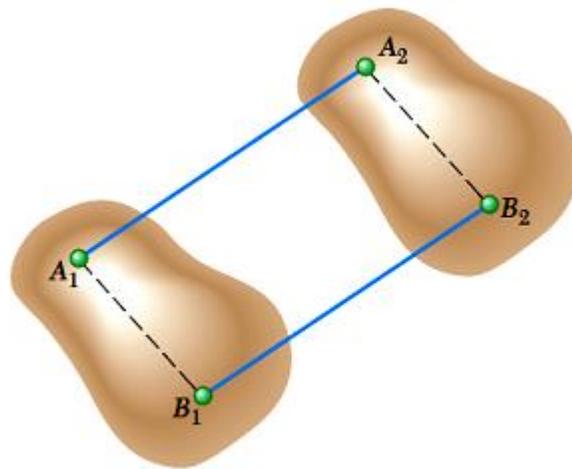
Kinematika Benda tegar merupakan:

1. Benda kaku, sistem partikel yang mana jarak diantara keduanya tidak berubah.
2. Kinematika dari benda yang kaku membahas hubungan antara waktu dan posisi, kecepatan dan percepatan dari partikel yang membentuk benda yang kaku.
3. Benda kaku yang mengalami gerakan pada suatu bidang, jika semua bagian benda bergerak pada bidang yang parallel. Bidang dari gerakan memiliki pusat massa dan dapat diasumsikan ke bentuk 2D.

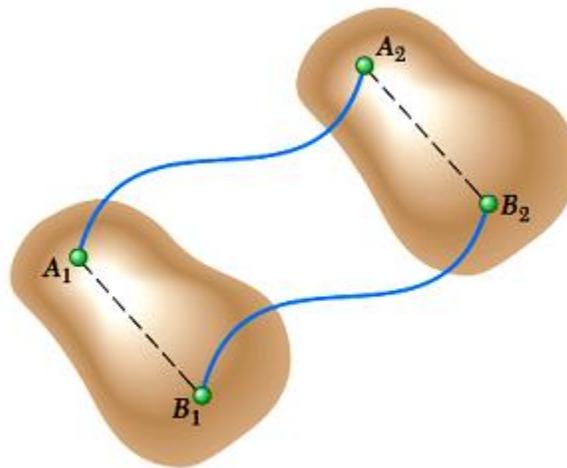
### **2.4.1 Jenis dari gerak Benda yang Kaku**

1. Translasi

Setiap garis lurus didalam benda tetap ke arah yang sama selama terjadi gerakan. Semua partikel yang membentuk benda bergerak sepanjang jalur secara sejajar.



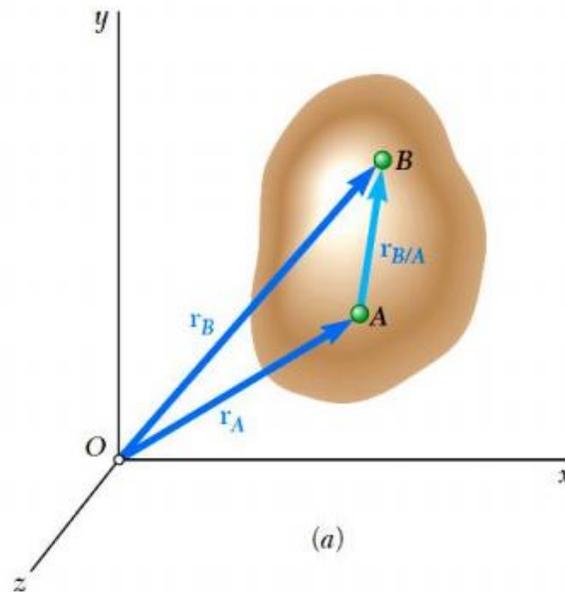
Gambar 2.15 Translasi Bujursangkar  
(Sumber: Kusumanigtyas, 2014)



Gambar 2.16 Translasi Lengkung  
(Sumber: Kusumanigtyas, 2014)

Perhitungan benda kaku dalam translasi:

Arah dari setiap garis lurus di dalam tubuh benda yang konstan, semua partikel yang membentuk benda bergerak dalam garis sejajar. Untuk dua partikel dalam benda:



Gambar 2.17 Dua partikel pada garis sejajar dalam benda kaku

(Sumber: Kusumanigtyas, 2014)

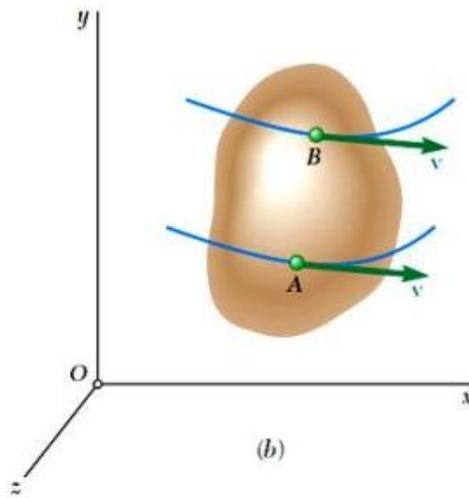
$$\mathbf{r}_B = \mathbf{r}_A + \mathbf{r}_{\frac{B}{A}} \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

Karena A dan B termasuk dalam benda kaku yang sama, maka  $\mathbf{r}_{B/A}$  konstan dalam arah dan besarnya. Turunannya berhubungan dengan waktu adalah nol.

$$\dot{\mathbf{r}}_{\frac{B}{A}} = 0 \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

Perbedaannya dengan memperhatikan waktu,

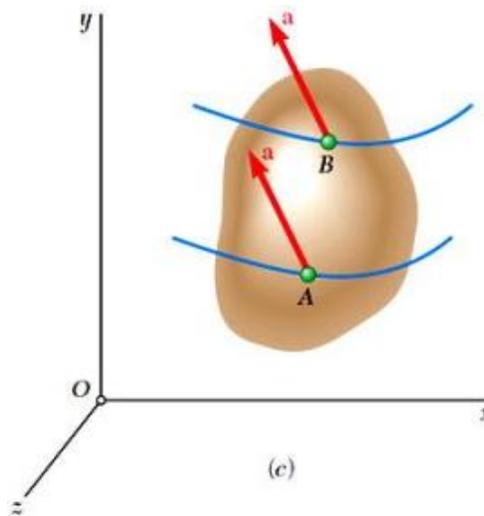
$$\dot{\mathbf{r}}_B = \dot{\mathbf{r}}_A + \dot{\mathbf{r}}_{\frac{B}{A}} \text{ dengan } \dot{\mathbf{r}}_{\frac{B}{A}} = 0 \quad \dots\dots\dots(2.3)$$



Gambar 2.18 Translasi benda kaku pada garis sejajar memiliki kecepatan

(Sumber: Kusumanigtyas, 2014)

$$\mathbf{v}_B = \mathbf{v}_A \dots\dots\dots(2.4)$$



Gambar 2.19 Translasi benda kaku pada garis sejajar memiliki percepatan

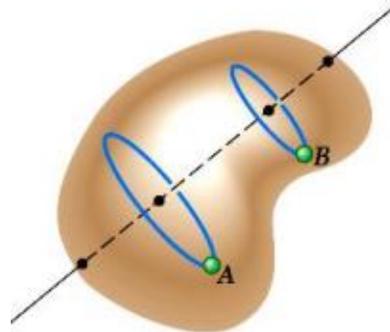
(Sumber: Kusumanigtyas, 2014)

$$\mathbf{a}_B = \mathbf{a}_A \dots\dots\dots(2.5)$$

Bila benda yang kaku dalam translasi, semua titik benda memiliki kecepatan dan percepatan yang sama pada saat tertentu. Translasi Bujursangkar: semua partikel benda bergerak sepanjang garis sejajar, kecepatan dan akselerasinya tetap memiliki arah yang sama selama keseluruhan bergerak. Translasi lengkung: perubahan kecepatan dan percepatan arah serta besarnya setiap saatnya.

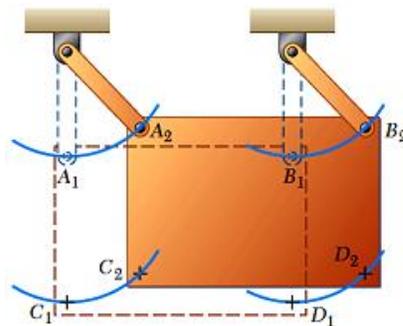
## 2. Rotasi pada Sumbu Tetap

Partikel yang membentuk benda kaku bergerak pada bidang yang paralel di sepanjang lingkaran yang berpusat pada sumbu tetap yang sama. Jika poros rotasi berpotongan dengan benda kaku, partikel yang berada pada poros memiliki kecepatan nol dan akselerasi nol.



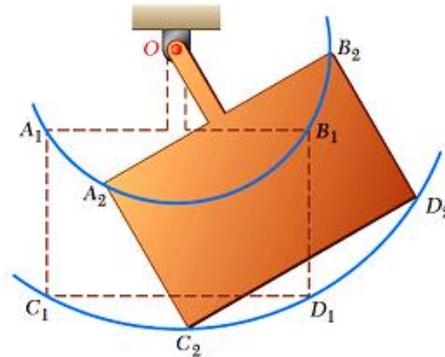
Gambar 2.20 Rotasi pada Sumbu Tetap

(Sumber: Kusumanigtyas, 2014)



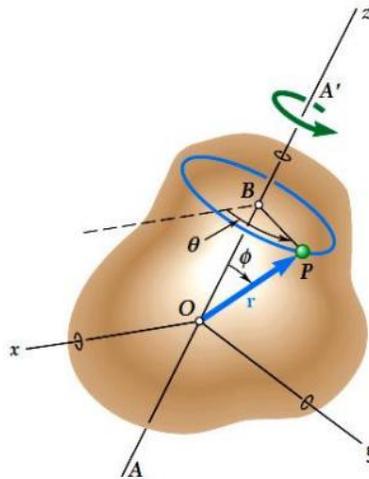
Gambar 2.21 Translasi Lengkung - Lingkaran Paralel

(Sumber: Kusumanigtyas, 2014)



Gambar 2.22 Rotasi – Lingkaran Konstentris  
 (Sumber: Kusumanigtyas, 2014)

Perhatikan rotasi benda kaku tentang sumbu tetap AA '. Sudut  $\theta$  adalah koordinat sudut posisi P.



Gambar 2.23 rotasi benda kaku pada sumbu AA'  
 (Sumber: Kusumanigtyas, 2014)

Panjang  $\Delta s$  dari busur yang digambarkan oleh P saat benda berputar melalui sudut  $\Delta\theta$  adalah:

$$\Delta s = (BP) \Delta\theta = (r \sin \phi) \Delta\theta \dots\dots\dots(2.6)$$

Oleh karena itu, besarnya kecepatan adalah

$$v = \frac{ds}{dt} = r\dot{\theta} \sin \phi \dots\dots\dots(2.7)$$

Vektor dari kecepatan adalah:

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana,  $\boldsymbol{\omega} = \omega \mathbf{k} = \dot{\theta} \mathbf{k}$  adalah kecepatan sudut.

Percepatan,  $\mathbf{a} = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt} (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}),$

$$= \frac{d\boldsymbol{\omega}}{dt} \times \mathbf{r} + \boldsymbol{\omega} \times \frac{d\mathbf{r}}{dt}$$

$$= \frac{d\boldsymbol{\omega}}{dt} \times \mathbf{r} + \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{v}$$

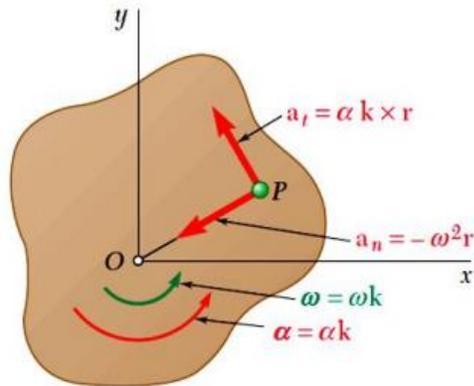
$$\mathbf{a} = \boldsymbol{\alpha} \times \mathbf{r} + \boldsymbol{\omega} \times (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}) \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana,  $\boldsymbol{\alpha} = \alpha \mathbf{k} = \dot{\boldsymbol{\omega}} = \ddot{\theta} \mathbf{k}$  adalah percepatan sudut

$\boldsymbol{\alpha} \times \mathbf{r}$              $\longrightarrow$  Percepatan tangensial

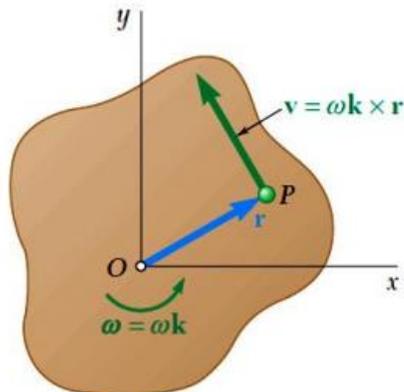
$\boldsymbol{\omega} \times (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r})$   $\longrightarrow$  Percepatan Radial

Rotasi benda kaku tentang sumbu tetap dapat didefinisikan dengan gerakan pelat representatif dalam bidang referensi yang tegak lurus terhadap sumbu rotasi.



Gambar 2.24 Rotasi benda kaku pada sumbu tetap  
 (Sumber: Kusumanigtyas, 2014)

$$\mathbf{v} = \omega \mathbf{k} \times \mathbf{r} \longrightarrow v = r\omega$$



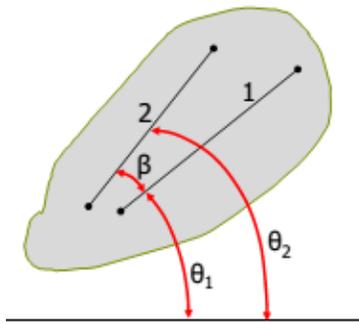
Gambar 2.25 Rotasi benda kaku pada sumbu tetap  
 (Sumber: Kusumanigtyas, 2014)

$$\mathbf{a} = \alpha \mathbf{k} \times \mathbf{r} - \omega^2 \mathbf{r} \dots\dots\dots(2.10)$$



$$\mathbf{a}_t = \alpha \mathbf{k} \times \mathbf{r} \quad a_t = r\alpha$$

$$\mathbf{a}_n = -\omega^2 \mathbf{r} \quad a_n = r\omega^2$$



Gambar 2.26 Rotasi benda kaku posisi garis 2 berhubungan dengan garis 1

(Sumber: Kusumanigtyas, 2014)

Posisi garis 2 berkenaan dengan garis 1:

$$\theta_2 = \theta_1 + \beta$$

$\beta$  = konstan dalam benda yang kaku

Oleh karena itu, turunannya berhubungan dengan waktu:

$$\omega_1 = \omega_2 \quad \text{and} \quad \alpha_1 = \alpha_2$$

Semua garis pada benda kaku pada bidang gerak memiliki posisi sudut yang sama, kecepatan sudut dan percepatan sudut.

Persamaan untuk Rotasi:

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} \quad \text{or} \quad dt = \frac{d\theta}{\omega}$$

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2} = \omega \frac{d\omega}{d\theta} \quad \omega d\omega = \alpha d\theta \quad (2.11)$$

rotasi yang sama,  $\alpha = 0$ :

$$\theta = \theta_0 + \omega t \quad \dots\dots\dots(2.12)$$

rotasi yang dipercepat secara merata,  $\alpha = \text{konstan}$ :

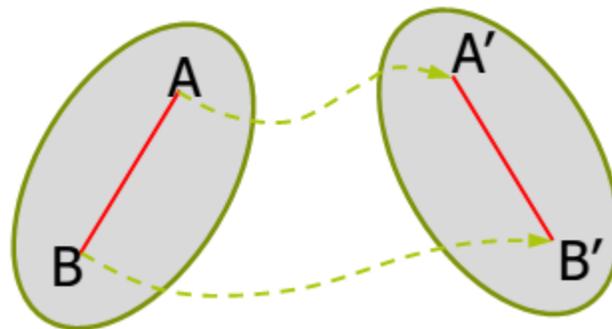
$$\omega = \omega_0 + \alpha t$$

$$\theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$$

$$\omega^2 = \omega_0^2 + 2\alpha (\theta - \theta_0) \dots\dots\dots(2.13)$$

### 3. Gerak pada Bidang

Semua partikel benda bergerak di bidang paralel. Setiap gerak pada suatu bidang yang bukan rotasi atau translasi disebut sebagai gerakan pada bidang.



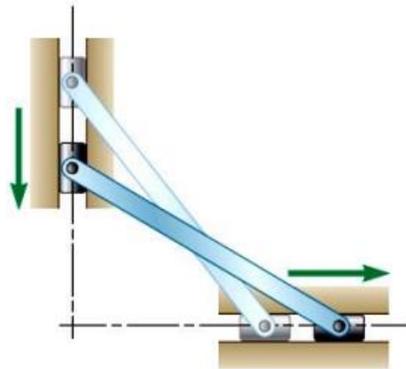
Gambar 2.27 Ilustrasi dari Gerak pada Bidang

(Sumber: Kusumanigtyas, 2014)



Gambar 2.28 Roda yang Berputar

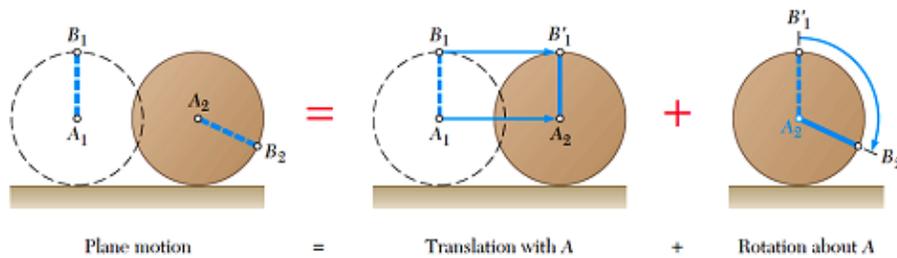
(Sumber: Kusumanigtyas, 2014)



Gambar 2.29 Sliding Rod

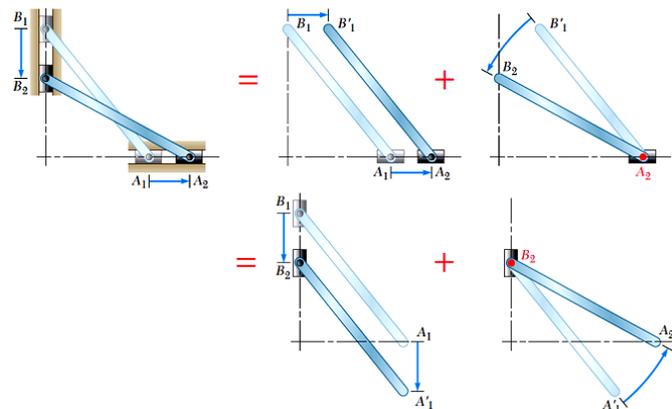
(Sumber: Kusumanigtyas, 2014)

Gerak pada titik tetap bukan merupakan translasi dan juga bukan rotasi. Gerakan pada titik tetap dapat dianggap sebagai penjumlahan dari translasi dan rotasi.



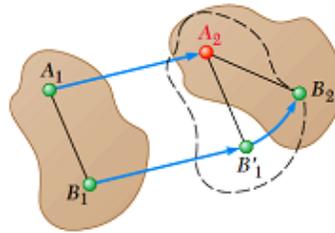
Gambar 2.30 Penjelasan Gerak Bidang

(Sumber: Kusumanigtyas, 2014)



Gambar 2.31 Gerak pada titik tetap pada 2 buah Batang

(Sumber: Kusumanigtyas, 2014)



Gambar 2.32 Gerak pada titik tetap di 2 buah lempengan

(Sumber: Kusumanigtyas, 2014)

Perhatikan gerakan dari lempengan representatif yang menggantungkan partikel A1 dan B1 menjadi A2 dan B2.

Gerak dibagi menjadi dua bagian:

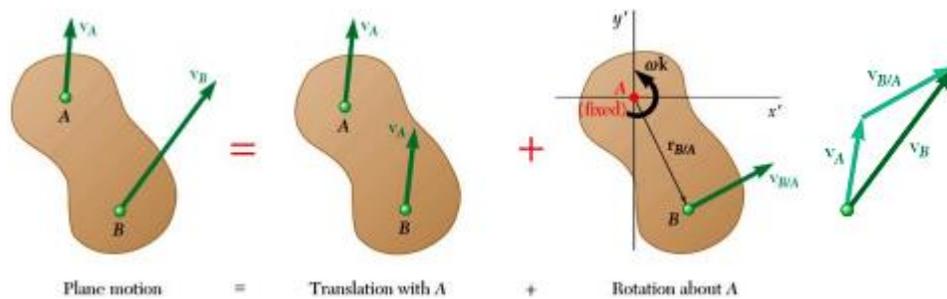
- 1) Translasi dari A<sub>1</sub> -B<sub>1</sub> ke A<sub>2</sub> -B'<sub>1</sub>
- 2) Rotasi dari B'<sub>1</sub> ke B<sub>2</sub> pada A<sub>2</sub>

Gerakan relatif partikel terhadap batang yang bergerak:

Dapat diamati yang bergerak dengan A tapi tidak berputar, partikel B akan muncul untuk menggambarkan busur lingkaran yang berpusat pada A.

- Kecepatan Absolut dan Relatif

Setiap gerak dapat diganti dengan translasi secara acak sebagai acuan titik A dan rotasi bersamaan disekitar titik A.



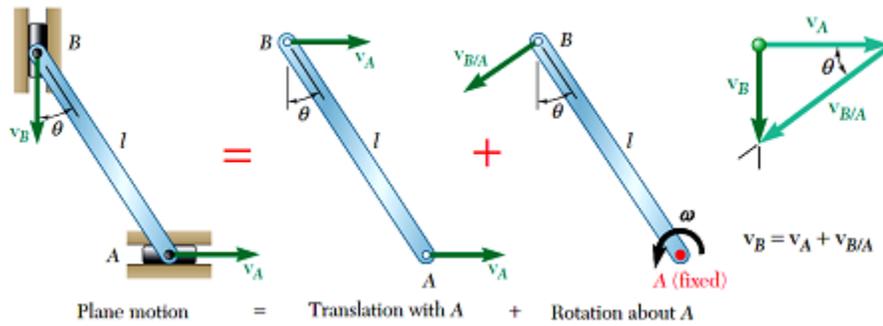
Gambar 2.33 Penjelasan arah kecepatan gerak pada suatu bidang

(Sumber: Kusumanigtyas, 2014)

$$\mathbf{v}_B = \mathbf{v}_A + \mathbf{v}_{B/A} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$\mathbf{v}_{B/A} = \omega \mathbf{k} \times \mathbf{r}_{B/A} \quad v_{B/A} = r\omega$$

$$\mathbf{v}_B = \mathbf{v}_A + \omega \mathbf{k} \times \mathbf{r}_{B/A}$$



Gambar 2.34 Perhitungan gerak pada titik tetap pada *frame*

(Sumber: Kusumanigtyas, 2014)

Dengan mengasumsikan kecepatan  $V_A$  dari ujung A diketahui, tentukan kecepatan  $v$  dari ujung B dan kecepatan sudut  $\omega$  batang dalam bentuk  $V_A$ ,  $l$ , dan  $\theta$ . Dengan mengasumsikan kecepatan  $V_A$  dari ujung A diketahui, tentukan kecepatan  $v$  dari ujung B dan kecepatan sudut  $\omega$  batang dalam bentuk  $v_A$ ,  $l$ , dan  $\theta$ .

$$v_B = v_A \tan \theta \dots\dots\dots(2.15)$$

$$\frac{v_A}{v_{B/A}} = \frac{v_A}{l\omega} = \cos \theta \dots\dots\dots(2.16)$$

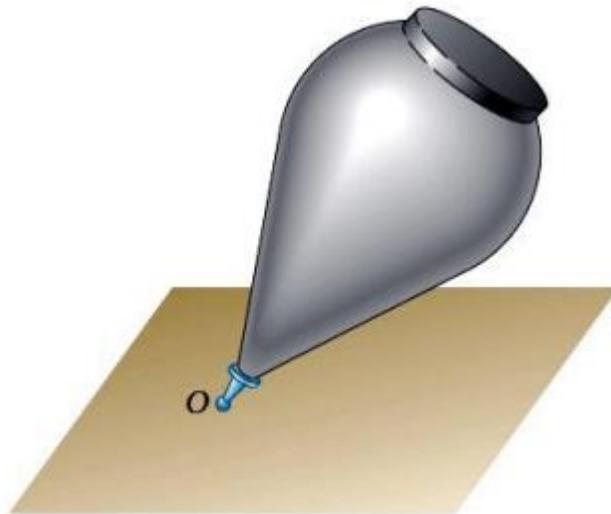
$$\omega = \frac{v_{B/A}}{l} = \frac{v_A}{l \cos \theta} \dots\dots\dots(2.17)$$

Memilih titik B sebagai titik acuan dan pemecahan untuk  $V_A$  dan  $\omega$  mengarah ke segitiga kecepatan setara.  $V_{A/B}$  memiliki besaran yang sama namun berlawanan dengan  $V_{B/A}$ . Kecepatan relatif tergantung pada pilihan titik acuan. Kecepatan batang sudut  $\omega$  dalam rotasinya pada B sama seperti

rotasi pada bagian A. Kecepatan sudut tidak tergantung pada pemilihan titik acuan.

#### 4. Gerak pada Titik Tetap

Gerakan tiga dimensi benda kaku menempel pada titik tetap  $O$ . Setiap gerakan dari benda kaku yang tidak termasuk dalam kategori apa pun pada gambar dibawah disebut sebagai gerakan biasa (*general motion*).

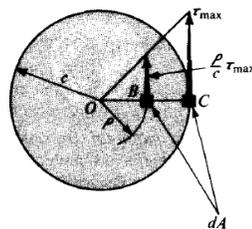


Gambar 2.35 Bukan Gerakan pada bidang 3D

(Sumber: Kusumanigtyas, 2014)

### 2.5 Momen Puntir (*Torque*)

Torsi adalah suatu puntiran sebuah batang yang disebabkan oleh gaya dengan jarak sebesar  $c$  dari sumbu longitudinal, seperti ditunjukkan pada gambar 2.36.



Gambar 2.36 Variasi tegangan akibat torsi pada silinder pejal

(Sumber: Popov, 1984)

Torsi yang terjadi pada poros menyebabkan adanya tegangan geser. Tegangan geser pada sumbu sebesar nol dan maksimum pada permukaan luar poros hal ini ditunjukkan pada persamaan 2.18 dan gambar 2.37.

$$T = F \cdot c \quad \dots\dots\dots(2.18)$$

dengan:

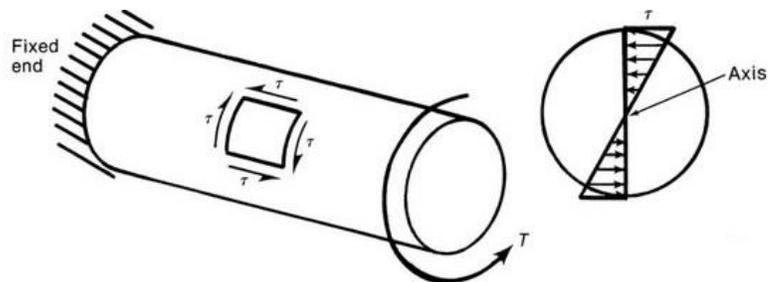
- T = Torsi (N.mm)
- F = Gaya yang bekerja (N)
- c = Jarak dari sumbu poros (mm)

$$\tau = \frac{T \cdot c}{I} \quad \dots\dots\dots(2.19)$$

dengan:

- $\tau$  = Tegangan geser pada poros (N/mm<sup>2</sup>)
- T = Torsi (N.mm)
- c = Jarak dari sumbu poros (mm)
- I = Momen inersia (mm<sup>4</sup>)

Torsi pada poros akan menyebabkan adanya simpangan yang terjadi pada poros dinyatakan dalam sudut (°) seperti pada gambar 2.37 dan persamaan 2.20.



Gambar 2.37 Sudut geser akibat momen puntir (Sumber: Zainuri, 2010)

$$\theta = \frac{T \cdot L}{I \cdot G} \dots\dots\dots(2.20)$$

dengan:

- $\theta$  = Sudut geser ( $^{\circ}$ )
- T = Torsi (N.mm)
- L = Panjang poros (mm)
- I = Inersia polar ( $\text{mm}^4$ )
- G = Modulus Geser ( $\text{N/mm}^2$ )

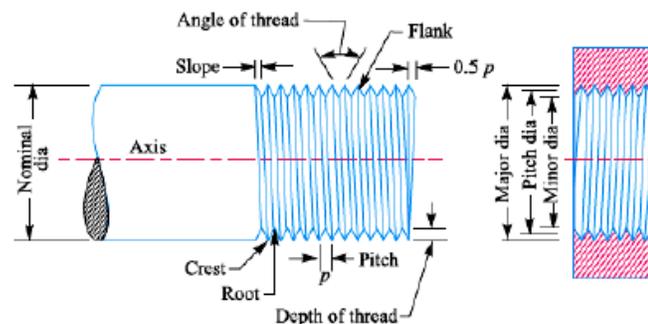
## 2.6 Sambungan Ulir

### 2.6.1 Pengertian Sambungan Ulir

Sebuah ulir (*screwed*) dibuat dengan melakukan pemotongan secara kontinyu alur melingkar pada permukaan silinder. Sambungan ulir sebagian besar terdiri dari dua elemen yaitu baut (*bolt*) dan mur (*nut*). Sambungan ulir banyak digunakan pada mesin yang membutuhkan kemudahan dalam menyambung dan melepas kembali tanpa merusak komponen. Hal ini, dilakukan dengan maksud untuk menyesuaikan/menyetel pada saat perakitan (*assembly*) atau perbaikan.

### 2.6.2 Istilah Penting Pada Ulir

Istilah berikut digunakan pada ulir seperti pada Gambar 2.38.



Gambar 2.38. Istilah pada ulir (*Sumber: Zainuri, 2010*)

Keterangan Gambar 2.38:

1. *Major diameter* adalah diameter terbesar pada ulir eksternal atau internal. Dinamakan juga *outside* atau *nominal diameter*.

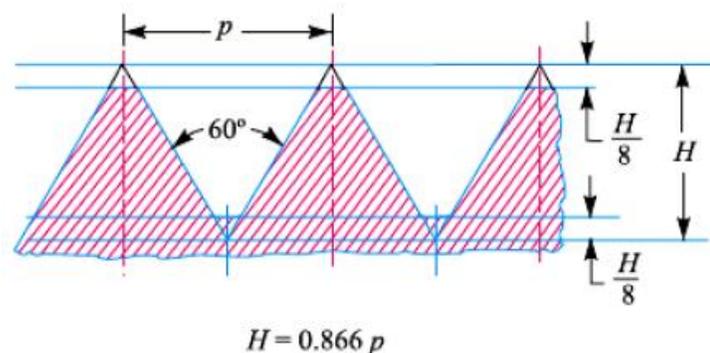
2. *Minor diameter* adalah diameter terkecil pada ulir eksternal atau internal. Dinamakan juga *core* atau *root diameter*.
3. *Pitch diameter* adalah diameter rata-rata silinder. Dinamakan juga *effective diameter*.
4. *Pitch* adalah jarak antar puncak ulir. Secara matematika dapat dihitung:

$$\text{pitch} = \frac{1}{\text{jumlah puncak ulir per unit panjang ulir}}$$

5. *Crest* adalah permukaan atas pada ulir.
6. *Root* adalah permukaan bawah yang dibentuk oleh dua sisi berdekatan dari ulir.
7. *Depth of thread* adalah jarak tegak lurus antara *crest* dan *root*.
8. *Flank* adalah permukaan antara *crest* dan *root*.
9. *Angle of thread* adalah sudut antara flank ulir.
10. *Slope* adalah setengah *pitch* ulir.

### 2.6.3 Ulir Metric

Ulir metric banyak digunakan dilambangkan dengan huruf M, misalnya M8 x 1.25, atau M8 x 1.5, seperti pada gambar 2.39.

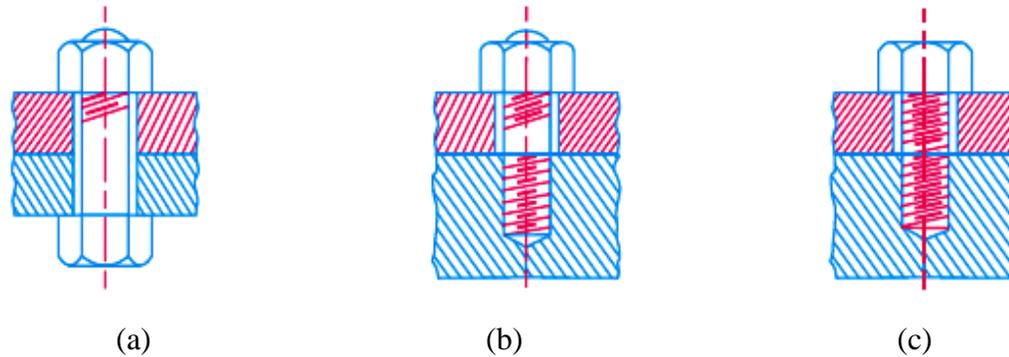


Gambar 2.39 Metric thread (Sumber: Zainuri, 2010)

### 2.6.4 Jenis Sambungan Ulir

1. *Through bolts*

Pada *Through bolts* baut dan mur mengikat dua bagian/plat secara bersamaan. Jenis baut ini banyak digunakan pada baut mesin dan lain-lain. Seperti terlihat pada gambar 2.40(a).



Gambar 2.40 Jenis sambungan ulir (a). *Through bolts*, (b). *Tap bolt*, (c). *Stud*  
(Sumber: Zainuri, 2010)

### 2. *Tap bolts*

Pada *tap bolt* ulir dimasukkan ke lubang tap pada salah satu bagiannya dikencangkan tanpa mur. Seperti terlihat pada gambar 2.40(b).

### 3. *Stud*

*Stud* pada ujungnya cenderung berulir semua. Salah satu ujung ulir dimasukkan ke lubang tap kemudian dikencangkan, sementara ujung yang lain ditutup dengan mur. Seperti pada gambar 2.40(c).

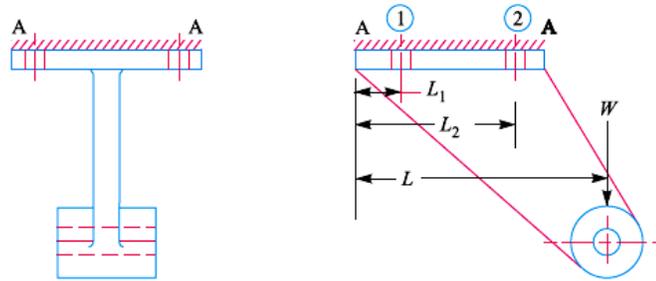
## 2.6.5 Sambungan Baut Akibat Beban Eksentris

Beberapa aplikasi sambungan baut yang mendapat beban eksentris seperti *bracket*, tiang *crane*, dll. Beban eksentris dapat berupa:

1. Sejajar dengan sumbu baut.
2. Tegak lurus dengan sumbu baut.
3. Dalam bidang baut.

**2.6.6 Beban Eksentris Yang Sejajar Terhadap Dengan Sumbu Baut**

Pada Gambar 2.41 ada empat baut yang mana setiap baut mendapat beban tarik utama  $W_{t1} = W/n$ , dimana  $n$  adalah jumlah baut.



Gambar 2.41 Beban eksentris yang sejajar dengan sumbu baut  
(Sumber: Zainuri, 2010)

Keterangan:

- $w$  = Beban baut per unit jarak terhadap pengaruh balik *bracket*
- $W_1$  dan  $W_2$  = Beban setiap baut pada jarak  $L_1$  dan  $L_2$  dari sisi tepi.

Besar beban setiap baut pada jarak  $L_1$  adalah:

$$W_1 = w \times L_1 \dots\dots\dots(2.21)$$

Dan besar momen gaya terhadap sisi tepi adalah:

$$W_1 = w \times L_1 \times L_1 = w \times (L_1)^2 \dots\dots\dots (2.22)$$

Besar beban setiap baut pada jarak  $L_2$  adalah:

$$W_2 = w \times L_2 \dots\dots\dots(2.23)$$

Dan besar momen gaya terhadap sisi tepi =  $w \times L_2 \times L_2 = w \times (L_2)^2$

Total momen gaya pada baut terhadap sisi tepi adalah:

$$2 w \times (L_1)^2 + 2 w \times (L_2)^2 \dots\dots\dots( 2.24)$$

Besar momen akibat beban W terhadap sisi tepi adalah:

$$W \times L \dots\dots\dots(2.25)$$

Dari persamaan (2.24) dan (2.25), diperoleh:

$$W \times L = 2 \times w \times (L_1)^2 + 2 \times w \times (L_2)^2$$

$$w = \frac{W \times L}{2 \times [(L_1)^2 + (L_2)^2]} \dots\dots\dots(2.26)$$

Beban tarik dalam setiap baut pada jarak  $L_2$  adalah:

$$W_{t2} = W_2 = w \times L_2 = \frac{W \times L \times L_2}{2 \times [(L_1)^2 + (L_2)^2]} \dots\dots\dots(2.27)$$

Beban tarik total pada baut yang terbebani paling besar adalah:

$$W_t = W_{t1} + W_{t2} \dots\dots\dots(2.28)$$

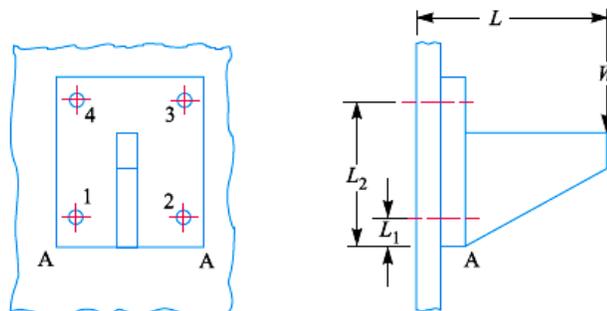
Jika  $d_c$  adalah diameter *core (minor)* dari baut dan  $\sigma_t$  adalah tegangan tarik untuk material baut, maka total beban tarik  $W_t$  adalah sebagai berikut:

$$W_t = \frac{\pi}{4} (d_c)^2 \times \sigma_t \dots\dots\dots(2.29)$$

Dari persamaan (2.28) dan (2.29), nilai  $d_c$  dapat diperoleh.

**2.6.7 Beban Eksentris yang Tegak Lurus Terhadap Sumbu Baut**

Sebuah dinding *bracket* membawa beban eksentris yang tegak lurus terhadap sumbu baut seperti pada gambar 2.32 di bawah ini.



Gambar 2.42 Beban eksentris yang tegak lurus terhadap sumbu baut  
(Sumber: Zainuri, 2010)

Dalam kasus ini, baut menerima beban geser utama yang sama pada seluruh baut. Sehingga beban geser utama pada setiap baut adalah:

$$W_s = W/n, \dots\dots\dots(2.30)$$

Keterangan:

n = Jumlah baut

Beban tarik maksimum pada baut 3 dan 4 adalah seperti pada persamaan (2.31).

$$W_{t2} = W_t = w \times L_2 = \frac{W \times L \times L_2}{2 \times [(L_1)^2 + (L_2)^2]} \dots\dots\dots(2.31)$$

Ketika baut dikenai geser yang sama dengan beban tarik, kemudian beban ekuivalen dapat ditentukan dengan hubungan berikut:

Beban tarik ekuivalen adalah:

$$W_{te} = \frac{1}{2} \times [W_t + \sqrt{(W_t)^2 + 4(W_s)^2}] \dots\dots\dots(2.32)$$

Dan beban geser ekuivalen adalah sebagai berikut:

$$W_{se} = \frac{1}{2} \times [\sqrt{(W_t)^2 + 4(W_s)^2}] \dots\dots\dots(2.33)$$

### 2.6.8 Jenis Ulir

Menurut Sularso dan Suga, (1997), ulir digolongkan menurut bentuk profit penampangannya sebagai berikut: ulir segi tiga, persegi, trapesium, gigi gergaji, dan bulat. Bentuk persegi, trapesium, dan gigi gergaji, pada umumnya dipakai untuk penggerak atau penerus gaya, sedangkan ulir bulat dipakai untuk menghindari kemacetan karena kotoran. Ulir segi tiga diklasifikasikan lagi menurut jarak baginya dalam ukuran metris dan inchi, dan menurut ulir kasar dan ulir lembut sebagai berikut:

1. Seri ulir kasar metris (Tabel 2.3 dan Tabel 2.4)
2. Seri ulir kasar UNG
3. Seri ulir lembut metris
4. Seri ulir lembut UNF

### 2.6.9 Dimensi Ulir Standar

Dimensi desain JIS B 0205, untuk ulir, baut dan mur dapat dilihat pada tabel 2.3 dan tabel 2.4 berikut:

Tabel 2.3 Dimensi mur dan baut JIS B 0205, (*Sumber: Sularso dan Suga 1997*)

Diameter nominal ( $d = D$ )	Gang ( $P$ )	Diameter tengah ( $d_1 = D_2$ )	Baut		Mur	
			Diameter terkecil ( $d_3$ )	Luas tegangan tarik ( $A_s^{1(\text{mm}^2)}$ )	Diameter terkecil ( $d_1$ )	Diameter mata bor
M 1	0.20	0.838	0.69	0.46	0.73	0.75
M 1,2	0.25	1.038	0.89	0.73	0.93	0.95
M 1,6	0.35	1.373	1.71	1.27	1.22	1.25
M 2	0.4	1.740	1.51	2.07	1.57	1.5
M 2,5	0.45	2.208	1.95	3.39	2.01	2
M 3	0.5	2.675	2.39	5.03	2.46	2.5
M 4	0.7	3.545	3.14	8.78	3.24	3.3
M 5	0.8	4.480	4.02	14.2	4.13	4.2
M 6	1	5.350	4.77	20.1	4.91	5
M 8	1.25	7.188	6.47	36.6	6.65	6.8
M 10	1.5	9.026	8.16	58.0	8.37	8.5
M 12	1.75	10.863	9.85	84.3	10.10	10.2
M (14)	2	12.700	11.55	115	11.83	12
M 16	2	14.701	13.55	157	13.83	14
M (18)	2.5	16.376	14.93	192	15.29	15.5

Tabel 2.4 Ukuran standar ulir metris kasar (JIS B 0205), (*Sumber: Sularso dan Suga 1997*).

Ulir <sup>(1)</sup>			Jarak bagi $p$	Tinggi Kaitan $H_1$	Ulir dalam		
					Diameter luar $D$	Diameter efektif $D_2$	Diameter dalam $D_1$
1	2	3			Ulir luar		
					Diameter luar $d$	Diameter efektif $d_2$	Diameter inti $d_1$

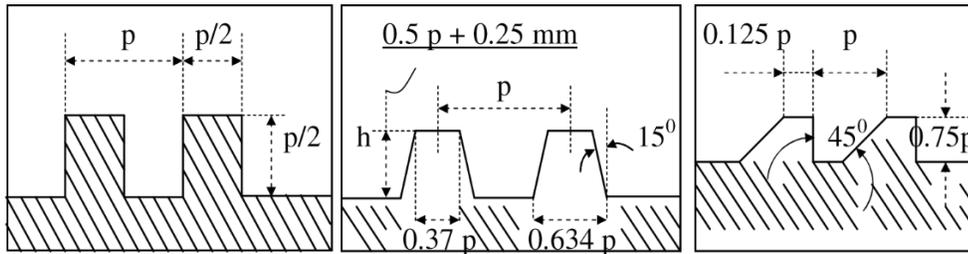
M 0,25			0,075	0,041	0,250	0,201	0,169
M 0,3			0,08	0,043	0,300	0,248	0,213
	M 0,35		0,09	0,049	0,350	0,292	0,253
M 0,4			0,1	0,054	0,400	0,335	0,292
	M 0,45		0,1	0,054	0,450	0,385	0,342
M 0,5			0,125	0,068	0,500	0,419	0,365
	M 0,55		0,125	0,068	0,550	0,469	0,415
M 0,6			0,15	0,081	0,600	0,503	0,438
	M 0,7		0,175	0,095	0,700	0,586	0,511
M 0,8			0,2	0,108	0,800	0,670	0,583
	M 0,9		0,225	0,122	0,900	0,754	0,656
M 1			0,25	0,135	1,000	0,838	0,729
M 1,2			0,25	0,135	1,200	1,038	0,929
M 1,4			0,3	0,162	1,400	1,205	1,075
M 1,7			0,35	0,189	1,700	1,473	1,321
M 2			0,4	0,217	2,000	1,740	1,567
M 2,3			0,4	0,217	2,300	2,040	1,867
M 2,6			0,45	0,244	2,600	2,308	2,113
M 3 x			0,5	0,271	3,000	2,675	2,459
0,5			0,6	0,325	3,000	2,610	2,350
	M 3,5		0,6	0,325	3,500	3,110	2,850
M 4 x			0,7	0,379	4,000	3,515	3,242
0,7			0,75	0,406	4,000	3,513	3,188
	M 4,5		0,75	0,406	4,500	4,013	3,688
M 5 x			0,8	0,433	5,000	4,480	4,134
0,8			0,9	0,487	5,000	4,415	4,026
			0,9	0,487	5,500	4,915	4,526

### 2.6.10 Ulir Daya (*Power Screws*)

Berdasarkan jenis atau tipenya, ulir daya dibedakan atas tiga macam, yaitu :

1. Ulir segi empat
2. Ulir trapesium
3. Ulir gigi gergaji

Dari ketiga jenis ulir daya di atas yang banyak digunakan adalah ulir trapesium. Hal ini disebabkan disamping karena proses pembuatannya yang lebih mudah (tidak membutuhkan ketelitian tinggi) juga kekuatannya terhadap tegangan geser lebih tinggi untuk pitch yang sama. Namun demikian efisiensinya lebih rendah dibanding ulir segi empat. Adapun profil dari tipe-tipe ulir di atas dapat dilihat pada gambar berikut



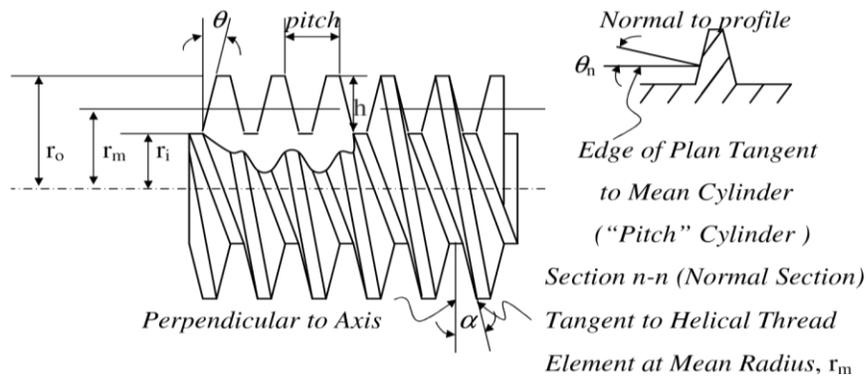
Ulir segi empat                      Ulir Trapesium                      Ulir Gigi Gergaji

Gambar 2.43 Profil dari Tipe-tipe Ulir

(Sumber: Zainuri, 2010)

**2.6.10.1 Parameter Perancangan Ulir Daya**

Parameter perancangan ulir daya dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.44 Parameter Perancangan Ulir Daya

(Sumber: Zainuri, 2010)

Keterangan Gambar 2.44:

$R_m$  = Radius Rerata,

$R_o$  = Radius Luar

$R_i$  = Radius Dalam

$\theta$  = Sudut Profil

$\theta_n$  = Sudut tekan untuk Ulir Segi Empat = 0

$\alpha$  = Sudut helik

Hubungan antara  $\theta$ ,  $\theta_n$  dan  $\alpha$ :  $\tan \alpha = (\tan \theta) (\cos \alpha)$

Untuk perhitungan yang tidak teliti harga  $\theta_n$  diambil sama dengan  $\theta = 15^\circ$ .

### 2.6.10.2 Hubungan antara Momen Puntir (Torsi) dan Gaya Aksial

Pada ulir daya yang digunakan untuk menjepit atau menaikkan beban, terdapat hubungan antara gaya jepit atau gaya angkat dengan momen puntir (torsi) yang dibutuhkannya. Hubungan tersebut dapat dicari menggunakan prinsip bidang miring. Hasil akhir untuk ulir trapesium akan diperoleh rumus sebagai berikut :

$$T = W \left[ r_m \left\{ \frac{\tan \alpha + \left( \frac{\mu_s}{\cos \theta_n} \right)}{1 - \left( \frac{\mu_s \times \tan \alpha}{\cos \theta_n} \right)} \right\} \right] + \mu_c \times r_c \quad \dots\dots\dots(2.34)$$

Sedangkan untuk ulir segi empat diperoleh:

$$T = W \left[ r_m \left\{ \frac{\tan \alpha + \mu_s}{1 - \mu_s \times \tan \alpha} \right\} \right] + \mu_c \times r_c \quad \dots\dots\dots(2.35)$$

Dimana:

- T = torsi yang digunakan untuk memutar ulir daya (Nm)
- W = gaya atau beban yang sejajar sumbu ulir (N)
- $r_m$  = jari-jari rerata ulir (m)
- $r_c$  = jari-jari rerata colar (m)
- $\mu_c$  = koefisien gesek pada colar
- $\mu_s$  = koefisien gesek ulir dengan mur
- $\alpha$  = sudut helik, ( $^\circ$ )
- $\theta$  = sudut tekan, ( $^\circ$ )

### 2.6.10.3 Efisiensi Mekanisme Ulir Daya

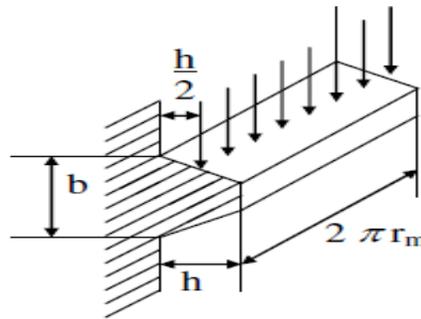
Efisiensi merupakan perbandingan antara output dengan input. Dalam hal ini usaha output dengan usaha input.

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{\text{usaha output}}{\text{usaha input}} = \frac{\text{usaha beban}}{\text{usaha gaya}} = \frac{W \times \text{kisar}}{2\pi \cdot L \times F} = \frac{W \times \text{kisar}}{2\pi \cdot T} \\ &= \frac{W \times 2\pi \times \tan \alpha}{2\pi \times T} \end{aligned}$$

$$\eta = \frac{\tan \alpha}{\left[ \frac{\tan \alpha + \left( \frac{\mu_s}{\cos \theta_n} \right)}{1 - \left( \frac{\mu_s \cdot \tan \alpha}{\cos \theta_n} \right)} + \frac{\mu_c \cdot r_c}{r_m} \right]} \times 100\% \quad (2.36)$$

#### 2.6.10.4 Tegangan pada Ulir

Tegangan pada ulir dihitung untuk seluruh panjang lilitan ulir yang telah direntangkan. Pada umumnya yang dihitung adalah tegangan ulir dari tabung uliran, karena jumlah lilitannya lebih sedikit dibandingkan jumlah lilitan ulir di batang ulir. Bila lilitan ulir dari tabung uliran ulir trapesium direntangkan akan diperoleh gambar sebagai berikut.



Gambar 2.45 Tegangan pada Ulir

(Sumber: Zainuri, 2010)

Berdasarkan gambar 2.45 maka dapat dihitung tegangannya sebagai berikut:

1. Tegangan bengkok pada ulir:

$$\bar{\sigma}_b = \frac{3W \cdot h}{2\pi \cdot r_m \cdot n \cdot b} \dots\dots\dots(2.37)$$

2. Tegangan geser pada ulir:

$$\bar{\tau}_s = \frac{W}{2\pi \cdot r_m \cdot n \cdot b} \dots\dots\dots(2.38)$$

3. Tekanan bidang pada ulir

$$\bar{\sigma}_p = \frac{W}{2\pi \cdot r_m \cdot n \cdot h} \dots\dots\dots(2.39)$$

## 2.7 Daya Listrik

Daya listrik didefinisikan sebagai energi listrik yang digunakan oleh suatu alat setiap satuan waktu. Jika energy listrik bersatuan joule dan waktu bersatuan sekon, maka daya listrik persatuan watt dan dirumuskan sebagai berikut:

$$P = \frac{W}{\Delta t} \dots\dots\dots(2.40)$$

Dari rumus ini, daya listrik dapat dituliskan menjadi:

$$P = V \times I \dots\dots\dots(2.41)$$

$$P = I^2 \times R \dots\dots\dots(2.42)$$

$$P = \frac{V^2}{R} \dots\dots\dots(2.43)$$

Untuk nilai R konstan, besarnya daya listrik sebanding dengan kuadrat kuat arus I atau kuadrat tegangan V.

Pada peralatan listrik selalu tercantum spesifikasi alat, misalnya 100 W, 220 V yang artinya: “Daya listrik yang dipakai oleh alat tersebut 100 W jika dipasang pada tegangan 220 V”. jika tegangan yang diberikan kepada alat tersebut kurang dari 220 V, daya yang dipakai alat tersebut juga akan berkurang dari 100 W. daya sesungguhnya yang dipergunakan oleh suatu alat akan memenuhi persamaan:

$$P_2 = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 \times P \dots\dots\dots(2.44)$$

Keterangan:

$P_2$  = daya yang dipakai (W)

$P_1$  = daya yang tertulis pada spesifikasi (W)

$V_2$  = tegangan yang diberikan (V)

$V_1$  = tegangan yang tertulis pada spesifikasi (V)

Dengan menganggap bahwa hambatan alat listrik R selalu konstan.