

DASAR PERENCANAAN

DAN REKAYASA TEKNIK

(TKT 100)

MODUL 2

*SEJARAH ENGINEERING*

DISUSUN OLEH

DR. IR.ZULFIANDRI,MSi

TEKNIK INDUSTRI

UNIVERSITAS ESA UNGGUL

JAKARTA

2018**Sejarah Engineering**

**Pendahuluan**

Engineering adalah sebuah profesi, sama seperti halnya dengan ilmuan,dokter maupun profesi lainnya. Profesi dimana didalamnya ada pengetahuan matematika dan ilmu alam yang dapat melalui pendidikan dan pengalaman praktek. Profesi ini dikenal sejak berabad-abad yang lampau.

Pernahkah anda membayangkan bagaimana pesawat yang begitu besar bisa terbang di udara? bagaimana roket bisa terbang tinggi sampai menembus atsmosfir bumi menuju bulan? bagaimana gedung-gedung pencakar langit yang menjulang tinggi bisa tetap kokoh berdiri walaupun diterpa angin yang begitu kencang? atau benda-benda disekitar kita seperti komputer, televisi, handphone, mobil, dan masih banyak lagi, bagaimana semua benda-benda tersebut bisa digunakan oleh kita?

Nah engineeringlah jawabannya. Tahukah anda apa itu engineering?? Engineering adalah suatu ilmu keteknikan yang dipraktekkan ke dalam kehidupan kita untuk mempermudah kita dalam melakukan sesuatu. Engineering mampu mengatasi permasalahan yang ada di sekitar kehidupan sehari-hari dari hal yang terkecil hingga besar. Dan engineering juga mempunyai kontribusi yang besar untuk kemajuan pembangunan suatu negara.

Menurut Dewan Akreditasi Untuk Engineering & Teknologi pengertian **engineer** adalah: “profesi di mana di dalamnya ada pengetahuan matematika dan ilmu alam yang diperoleh melalui pendidikan, pengalaman dan praktek diaplikasikan dengan semestinya untuk menemukan cara cara ekonomis dalam memanfaatkan bahan & kemampuan alam

Profesi engineering menuntut standard sikap terhadap yang tinggi serta memliki tanggung jawab kepad klien dan mitra dan masyrakat sebagai satu kesatuan yang utuh. Proses ini membutuh kan bidang pengetahuan yang yang spesifik, dan para anggotanya mendapatkan status profesional setelah melalui jalur-jalur pendidikan dan pelatihan yang jelas.

Insinyur maupun ilmuan memiliki pengetahuan matematik dan ilmu yang sama baiknya, namun ilmuan untuk memperoleh pengetahuan yang baru, sedangkan insinyur untuk merancang dan menghasilkan perangkat-perangkat, struktur-struktur dan proses-proses yanga dapat digunakan. Dengan kata lain, ilmuan berupaya untuk mengetahui, sedangkan insinyur berupaya untuk melakukan.

**Sejarah Engineering**

Nenek moyang kita telah berupaya mengendalikan dan memenfaatkan bahan-bahan dan kemampuan alam demi kepentingan masyarakat persis seperti yang kita lakukan sekarang. Mereka mempelajari dan mengamati hukum-hukum alam serta mengembangkan pengetahuan matematika dan sains yang ketika itu tidak dimiliki oleh orang pada umumnya. Penerapan pengetahuan ini menghasilkan sesuatu yang bermanfaat bagi masyarakat seperti pelabuhan, jalan, bangunan, irigasi dan fasilitas pencegahan banjir, serta hasil karya bermanfaat lainnya.
Dengan mempelajari asal-muasal ilmu engineering, kita dapat merasakan betapa besarnya gelombang sejarah tersebut. Ini membantu kita menempatkan sejarah sesuai konteksnya dan memperbaiki cara kita memandang tujuan, aspirasi dan tindakan kita.

**Engineering di Awal Peradaban: Bangsa Mesopotamia**

Mesopotamia daratan yang berada diantara sungai Tigris dan sungai Eufrat, sekarang merupakan bagian dari negara Irak. Didaerah inilah disebut-sebut ditemukan untuk pertama kalinya kereta yang sudah memiliki roda. Di Mesopotamia selatan, pada awal sejarah mulai dicatat, bangsa kuno Sumeria yang menyimpan banyak misteri telah membangun kanal, kuil dan tembok kota yang merupakan karya-karya pertama engineering di dunia.

Struktur paling istimewa peninggalan bangsa Mesopotamia adalah Ziggurat, sebuah menara kuil yang dibangun untuk memuja dewa-dewa mereka. Ziggurat adalah sebuah piramida yang terbuat dari batu bata, dengan deretan anak tangga, dan sebuah tempat pemujaan pada bagian puncak menara.

**Engineering di Awal Peradaban: Bangsa Mesir**

Pada tahun 3300 SM bangsa Mesir sudah mengembangkan dan memiliki sistem bendungan, kanal dan sistem drainse yang ekstensif. Lembah sungai Nil yang subur sehingga dibutuhkan irigasi agar penduduk dapat bertahan hidup dan juga agar bercocok tanam dan berternak tetap bisa dilakukan. Sungai Nil juga berfungsi sebagai sarana transportasi utama karena kuda, kendaraan beroda, dan jalan belum ada di Mesir sampai sekitar 1785 SM.

Hasil karya paling terkenal dari ahli-ahli bangunan Mesir adalah piramida. Piramida pertama yang dibangun adalah Piramida Step di Sakkara, dibangun oleh Imhotep sebagai makam untuk sang penguasa Zoser pada sekitar 2980 SM. Piramida terbesar dikenal dengan nama Piramida Cheops memiliki tinggi sekitar 481 kaki (147 m), sedangkan luas alasnya adalah 13 acre (5,265 hektar). Piramida ini dibangun dari 2 juta lebih blok batu dengan berat setiap bloknya sekitar 2,5 ton.

**Sumbangan Bangsa Yunani**

Berawal pada sekitar 600 SM, cara hidup dan berpikir ala Yunani mendominasi daerah Mediterania Timur. Yang paling kita ingat mengenai orang Yunani adalah logika abstrak mereka dan kemampuan mereka untuk menyusun teori dan mensintesis pengetahuan dari apa yang sudah terjadi di masa lalu. Mereka sangat maju dalam bidang seni, kesusasteraan dan filsafat, membuat kita sering lupa akan kontribusi mereka dalam bidang engineering.
Herodotus memberikan deskripsinya tentang sebuah mole (suatu bangunan berbentuk dinding yang dibangun didalam air dan berfungsi menahan atau memecahkan gelombang laut) yang melindungi pelabuhan di Samos. Dinding pemecah gelombang ini memiliki panjang 400 yard (366 m) dan dibangun didalam air dengan tinggi 120 kaki (36,6 m). Kemudian berlanjut dengan dibangunnya Mercu Suar pertama didunia, yaitu Pharos dipelabuhan Alexanderia. Banguan setinggi 370 kaki (113 m) ini adalah salah satu dari tujuh keajaiban dunia.

Selama zaman keemasan Yunani, sang penguasa Perikles melaksanakan satu program pembangunan besar yang bertujuan menjadikan Athena kota terindah dimuka bumi. Ia memperkerjakan para pelukis dan pematung ternama dan juga para ahli bangunan terhebat ketika itu untuk membangun kuil, tempat pemujaan, dan patung Akropolis, bukit karang yang puncaknya rata dengan pemandangan ke arah kota. Reruntuhan bangunan-bangunan ini menjadi salah satu pemandangan paling luar biasa didunia.

**Sumbangan Bangsa Romawi**

Para peneliti membagi sejarah Romawi menjadi dua periode utama: (1) Republik, mulai dari 535 SM, konon merupakan saat berdirinya Roma, hingga 24 SM; dan (2) Imperium, mulai dari 24 SM hingga 476 AD. Periode Republik adalah era dimana bangsa Romawi menaklukan dan mengeksploitasi tanah jajahannya yang sangat luas. Dimasa ini, bukti kehebatan bangsa Romawi dalam bidang engineering sebagian besar terdapat di wilayah Italia saja. Periode Imperium relatif damai dan pada periode ini sarana-sarana umum juga dibangun di wilayah jajahan; sisa-sisanya masih dapat ditemukan di Spanyol, Prancis, Afrika Utara, dan Timur Tengah.

* Beberapa hasil karya engineering paling terkenal dari bangsa Romawi dijelaskan secara ringkas seperti: Circus Maximus adalah arena pancuran dimana perlombaan dan pertandingan dilangsungkan. Konon gelanggang ini entah dibangun atau diperbesar oleh Tarquinius Priscus.
* Appian Way adalah jalur pertama dan paling terkenal diantara jaringan jalan yang berpusat di kota Roma.
* Pantheon adalah kuil raksasa yang sangat megah dan indah yang dibangun sekitar 17 SM yang dibangun oleh Agrippa anak angkat kaisar Augustus. Banguna ini pernah terbakar dua kali dan dibangun kembali oleh Hadrian yang berkuasa selama periode 117-138 AD. Diameter internal Pantheon sama dengan tingginya 141 kaki (43 m). Bagian atas bangunan ini dimahkotai dengan sebuah Coffered Semispherical Concrete Vault.
* Jembatan Alcantara, dibangun di Spanyol oleh Insinyur Gaius Julius Lacer pada 98 AD dan masih digunakan hingga kini. Jembatan ini memiliki 6 buah arch yang terbuat dari bata kering dan panjang total 600 kaki (183 m). Jalan pada jembatan ini terletak setinggi 175 kaki (53,5 m) dari sungai dibawahnya.

**Engineering di Abad Pertengahan**

Selama kurang lebih 8 abad setelah runtuhnya kekaisaran Romawi, periode yang dikenal sebagai abad pertengahan, hanya sedikit kemajuan yang terjadi dalam bidang engineering. Walaupun sedikit, ada satu perkembangan cukup penting yang terjadi dalam periode ini, yaitu dalam desain struktur dan dalam perkembangan mesin dan peralatan penghematan energi dan penambahan daya.

Sebagian besar alat-alat yang dipergunakan selama abad pertengahan memang merupakan warisan dari bangsa Yunani dan Romawi. Karena langsung mewarisi sistem pertanian Romawi, teknologi pertanian awal abad pertengahan masih menerapkan alat-alat kuno, seperti cangkul, sabit pemangkas, ember, gunting bulu domba, bajak, sekop, kereta, grobak, arit, sabit besar, pengerik biji-bijian, gandar, alat pemangkas anggur, alat pemeras sari buah apel dan batu gerinda. Namun pada periode ini juga terjadi sejumlah penemuan yang berarti, yakni sanggurdi dan leher kuda. Garu atau penyisir tanah juga merupakan penamuan awal abad pertengahan, satu penemuan yang cukup monumental dalam sejarah teknologi pertanian.

Dalam teknologi pertukanagan, boleh dikatakan tidak terjadi penemuan baru. Alat-alat tukang kayu, misalnya seperti palu, gergaji, kapak, beliung, gurdi atau bor, penarah dan pahat, semuanya telah ada sejak zaman Yunani-Romawi. Demikian pula dengan perkakas tukang batu, misalnya seperti tang, dan puputan telah dikenal sejak sebelum masehi. Demikian pula dengan perlengkapan para ahli bedah, misalnya seperti gunting tang, pisau bedah dan sebagainya.

Pada era inilah kincir air ditemukan, kincir air disempurnakan agar dapat digunakan diseluruh Eropa pada 700 AD. Temuan mekanis lain juga digunakan di Eropa pada abad pertengahan adalah roda pemintal dan rudder berengsel untuk kapal. Pada abad 900 AD, bangsa Viking telah memiliki kemampuan yang tinggi dalam hal pembuatan kapal dan dengan kapal-kapal buatan mereka, orang-orang Viking berhasil menemukan Greenland.

**Alat Giling Model Awal**

Salah satu dari semua penemuan terpenting adalah alat giling. Penemuan ini merupakan penerapan prinsip gerak roda penggilingan biji padi-padian, penggilingan kuno belum menggunakan roda. Alat semacam ini ternyata dikenal dalam setiap masyarakat selama Zaman Batu Baru dan Perunggu.

Alat giling temuan akhir abad klasik digerakan dengan kincir air. Alat ini berupa kinciran dengan tangkai kayu ek pada satu sisi dan batu gerinda pada sisi lainya. Alat giling temuan bangsa Yunani-Romawi ini belum lazim digunakan di Eropa Utara pada abad-abad awal Masehi. Dalam model baru gerak batu gerindanya tergantung pada gerigi roda. Tangkai tempat pemukul diikatkan menggerakan kinciran bergerigi yang diikatkan pada tangkai, yang pada giliranya menggerakan batu gerinda.

Tumbuhnya perdagangan, kota-kota, dan penduduk perkotaan yang luar biasa selama abad X dan XI mendorong timbulnya berbagai perubahan teknologis. Dalam teknik penggilingan biji-bijian setidak-tidaknya telah terjadi dua modifikasi. Yang pertama adalah alat giling yang digerakan dengan angin, satu teknik dikembangkan di Persia. Yang kedua adalah penggilingan yang digerakan dengan kuda. Namun, seperti apa alat-alat giling yang telah di modifikasikan itu, sulit dipastikan.

**Penenunan**

Penenunan sudah dikenal sejak Zaman Batu Baru. Dalam penenunan kain dipergunakan dua set serat atau akar yang seperti benang. Kedua serat yang membentang sepanjang panjangnya kain itu disebut warp (pelengkung). Sedangkan alat yang mengulurkan pelengkung secara bolak-balik itu disebut woof (pakan). Pada mulanya perkakas tenun ini amatlah sederhana. Namun, selama zaman Yunani-Romawi terjadi usaha modifikasi, yang kemudian diwarisi bangsa Eropa abad pertengahan. Perkakas tenun yang sudah dimodifikasi ini berupa silinder kayu tempat ujung-ujung pelengkung diikatan, batang pelepas yang merentangkan pelengkung, tali-taliyang dirancang untuk mengendalikan benang-benang pelengkung, tali-tali yang dirancang untuk mengendalikan benang-benang pelengkung kumparan yang membolak-balik pakan, dan buluh atau sejenis bambu untuk mengangkat pelengkung. Perkakas tenun semacam ini lazim dikenal selama zaman Romawi.

**Pemintalan**

Proses pemintalan sama tuanya dengan penenmuan proses penenunan. Tongkat (pendek) tempat wol atau rami digulungkan ditahan dengan tangan kiri. Benang yang dipilin diikatkan pada gelondong tongkat kayu yang panjangnya sekitar satu kaki dan kedua ujungnya dibuat runcing dan salah satunya untuk pengait.

Cara merajut seperti ini lazim dilakukan pada abad pertengahan dan kini boleh jadi masih dipraktekan di negara-negara Balkan. Perlengkapan semacam ini lazim dikenal menjelang tahun 1300. Dan dalam perkembangan selanjutnya mengalami berbagai modifikasi.

**Kompas dan Cross-staff**



Navigasi mengalami perkembangan yang cukup berarti pada Abad Pertengahan. Sejak zaman kuno, para pelaut telah terbiasa mengatur peleyaran mereka dengan mendasarkan diri pada letak bintang-bintang. Setelah tahun 1300 para pelaut mulai lebih menyandarkan diri pada kompas, daripada mengamati letak bintang-bintang. Penemuan Kompas ini kemungkinan ditemukan oleh orang Cina.

Pengembangan kompas ditentukan sekali oleh penemuan daya magnetisitu, yakni jika salah satu ujung sebuah jarum, yang diikatkan pada gabus yang mengapung di air, di gosokan pada besi magnetis ujungnya yang bermagnet menunjukan utara, ujung lainnya selatan.

Walaupun penemuan kompas ini menandai suatu langkah maju dalam perkembangan navigasi ilmiah, para pelaut ternyata tidak meninggalkan sama sekali kebiasaan melihat bintang kutub untuk memastikan posisi mereka. Cross-staff, yakni alat lazim dipergunakan pada masa-masa akhir Abad Pertengahan, lebih memungkinkan para pelaut untuk mengetahui ketepatan posisi mereka jika telah jauh dari daratan.

**Astrolabe dan Armillary Sphere**



Astrolable telah digunakan sejak zaman Yunani kuno. Seperti cross-staff , alat ini digunakan untuk mengetahui ketinggian bintang-bintang. Astrolabe berbentuk lempengan tembaga yang bulat yang dibagi ke dalam 360 derajat. Sebuah penunjuk, yang dilengkapi dengan sasarannya serta diikatkan di tengah.

**Perkapalan**

Perkapalan terus mengalami perkembangan selama Abad Pertengahan. Sampan dan kapal-kapal besar telah ada di kawasan Laut Tengah jauh sebelum zaman Homerus. Selama zaman Yunan-Romawi, kapal dibuat lebih besar, cepat, dan mewah, kapal juga dilengkapi dengan menara tempur kecil baik di bagian depan maupun butirannya. Hal ini dimaksudkan untuk menangkal bahaya serangan para bajak laut.

Para pembuat kapal pada akhir abad pertengahan mengembangkan terus, mampu menghasilkan kapal yang lebih besar lagi, dan yang kemudian digunakan oleh orang-orang seperti Vasco de Gama, Magellan, Columbus untuk mengarungi dunia.

**Busur**



Salah satu senjata para prajurit abad pertengahan adalah busur. Senjata ini sebenarnya juga sudah digunakan para prajurit Romawi. Pada abbad pertengahan telah mengalami berbagai modifikasi. Slah satu modifikasi yang penting adalah dotemukannya alat penembak busur sebelum abad XI. Dengan crossbow ini, busur atau anak panah secara horizontal dipasang pada sebilah kayu yang panjangnya beberapa kaki.

Busur panjang Inggris merupakan suatu penemuan luar biasa, busur panjang ini memiliki keunggulan dibandingkan crossbow yakni dapat dipasang sewaktu-waktu, dua keunggulan lainnya adalah bahwa busur panjang mempunyai daya lesat atau kecepatan yang lebih tinggi, sehingga bisa menimbulkan efek yang lebih parah pada pihak yang terkena.

**Artileri**

Para komandan militer abad pertengahan memiliki berbagai jenis persenjataan warisan artileri Yunani-Romawi. Yang paling sederhana adalah ketapel, semacam alat pelembar batu. Senjata lainnya adalah ballista, yang bentuknya agak mirip crossbow yang besar. Senjata lainnya adalah trebuchet, yang ukurannya yang bentuknya seperti ketapel, tetapi mampu melempar batu dengan ukuran besar.

**Baju Baja (Zirah)**



Para perajin abad pertengahan memiliki kejelian yang lumayan dalam menyempurnakan zirah atau baju baja. Para prajurit abad pertengahan tubuh mereka dilindungi dengan zirah, yang memanjang dari leher hingga atas lutut, menutupi lengan dan siku, dan terbelah di bagian depan dan belakang sehingga pemakainya masih memungkinkan untuk naik kuda.

**Senjata Api**

Penemuan dan penyempurnaan senjata api menjadi faktor yang sangat berarti dalam kehidupan bangsa Eropa selama Abad Pertengahan. Pada mulanya peluru meriam dibuat dari batu, dan pembuatnya adalah tukang batu. Ukurannya tidak mungkin dibuat sama. Demikian pula dengan senjata api laras besar yang terbuat dari lempengan-lempengan baja. Tetapi secara bertahap pembuat senjata api ini semakin mampu membikin merian yang lebih sempurna. Meriam hasil pembuatan akhir Abad Pertengahan mampu meruntuhkan tembok kastil yang paling kuat sekalipun.

Senjata lars tangan pada mulanya juga sangat tidak akurat. Menjelang tahun 1500 senjata laras tangan ini diperlengkapi dengan kokang yang menarik deretan yang ditembakan dengan pelatuknya. Senjata semacam ini disebut matchlock. Para bangsawan, yang dulu dapat mengamankan dirinya dengan berlindung dibalik tembok tebal kasti-kastil mereka, ini tak dapat lagi menikmati suatu perlindungan yang memadai. Kemiliteran mereka mulai merosot, prajurit yang berbaju besi sekalipun dapat tewas oleh prajurit api laras tangan yang ditembakkan oleh pasukan infantri.

**Khronometer (Pengukuran Waktu)**

Sebelum zaman Romawi-Yunani manusia sudah mengenal semacam alat penunjuk waktu dengan bantuan bayangan sinar matahari serta apa yang disebut jam pasir, yang lazim digunakan bahkan hingga tahun 1800. bangsa Yunani kuno telah mengembangkkan apa yang disebut clepsydra atau jam air.

Perkembangan jam mekanis merupakan hal yang penting dalam sejarah peradaban. Jam adalah alat yang terdiri dari serangkaian roda-roda kecil yang digerakkan oleh pegas atau batu, yang dilengkapi dengan alat pengukur dan penunjuk waktu. Inovasi besar dalam pembuatan jam terjadi sekitar tahun 1500 yakni ketika Peter Henlein dari Nuremberg membuat jam ini atau yang disebut arloji.

**Percetakan dan Kertas**

Percatakan termasuk penemuan besar pada akhir Abad Pertengahan. Di Athena, Alexandria dan Roma orang-orang yang pandai menulis rapi melakukan penyalinan karya-karya besar. Dengan penyalinan yang sedemikian ini harga buku menjadi mahal, sehingga hanya beberapa segelintir orang yang bisa mendapatkan buku.

Hampir sepanjang Abad Pertengahan orang mengunakan kertas yang berbahan dari kulit binatang, untuk membuat naskah-naskah. Menjelang akhir Abad Pertengahan, kertas digeser menjadi menggunakan perkamen. Puncak keberhasilan inovasi atau bahkan penemuan adalah nerhasil dicetaknya injil 36 baris pada tahun 1455. dengan demikian penemuan mesin cetak ini berjasa besar dalam penyebaran ide-ide. Penemuain mesin cetak ini menandai akhir Abad Pertengahan dan awal Zaman Baru dalam sejarah intelektual.

Gelar engineer pertama kali digunakan selama abad pertengahan (sekitar 1000-1200 AD). Kata “engine” dan “ingenious” berasal dari kata latin “in generare”, yang berarti “to create”. Jadi orang-orang yang menciptakan atau mendesain mesin- mesin atau temuan sejenisnya dikenal sebagai ingeniator atau “engine-er”.

Selaian ilmuwan dari Eropa, pada zaman pertengahan, ilmuwan muslim juga banyak bermunculan. **Abū al-'Iz Ibn Ismā'īl ibn al-Razāz al-Jazarī** (1136-1206) adalah seorang Ilmuwan dari [Al-Jazira](http://id.wikipedia.org/w/index.php?title=Al-Jazira&action=edit&redlink=1), [Mesopotamia](http://id.wikipedia.org/wiki/Mesopotamia), yang hidup pada [abad pertengahan](http://id.wikipedia.org/wiki/Abad_pertengahan). Dia adalah penulis *Kitáb fí ma'rifat al-hiyal al-handasiyya* (*Buku Pengetahuan Ilmu Mekanik*) tahun 1206, dimana dia menjelaskan lima puluh peralatan mekanik berikut instruksi tentang bagaimana cara merakitnya. Hanya sedikit yang diketahui tentang Al-Jazari, dan kebanyakan berasal dari perkenalannya dari buku "Pengetahuan Ilmu Mekanik".Al-Jazari juga dikenal sebagai penemu robot dan ilmuan yang pertama kali menciptakan komputer analog yang bisa diprogram dalam bentuk Jam Istana. **Kecerdasan Al-Jazari ini lebih dulu unggul dibandingkan tokoh barat, Leonardo Da Vinci**yang baru merancang pembuatan robot pada abad ke-14, dan itu pun baru berbentuk desain di atas kertas.

Sejarah teknik sipil yang ditulis Barat menyebutkan bahwa insinyur sipil pertama di dunia adalah Jhon Smeaton yang hidup di abad ke-18 M. Smeaton mengklaim dirinya sebagai insinyur sipil pertama karena mampu membangun Eddystone Lighthouse. Padahal, jauh sebelum itu di abad ke-9 M, peradaban Islam sudah memiliki insinyur sipil terkemuka bernama **Al-Farghani**. Selain itu ada pula nama **Al-Jazari**, insinyur sipil terkemuka dari abad ke-13 M.

Lalu apa saja karya besar yang disumbangkan para insinyur Muslim bagi pengembangan teknik sipil? Sejarah membuktikan, di era keemasannya peradaban Islam telah mampu membangun bendungan jembatan (**bridge dam**).Bendung jembatan itu digunakan untuk menggerakkan roda air yang bekerja dengan mekanisme peningkatan air. Bendungan jembatan pertama dibangun di **Dezful, Iran**.

Bendung jembatan itu mampu menggelontorkan 50 kubik air untuk menyuplai kebutuhan masyarakat Muslim di kota itu. Setelah muncul di Dezful, Iran bendung jembatan juga muncul di kota-kota lainnya di dunia Islam. Sehingga, masyarakat Muslim pada masa itu tak mengalami kesulitan untuk memenuhi kebutuhan air bersih.

Selain itu, di era kekhalifahan para insinyur Muslim juga sudah mampu membangun bendungan pengatur air diversion dam.Bendungan ini digunakan untuk mengatur atau mengalihkan arus air. Bendungan pengatur air itu pertama kali dibangun insinyur Muslim di **Sungai Uzaym** yang terletak di **Jabal Hamrin, Irak**. Setelah itu, bendungan semacam itu pun banyak dibangun di kota dan negeri lain di dunia Islam.

Pencapaian lainnya yang berhasil ditorehkan insinyur Islam dalam bidang teknik sipil adalah pembangunan penerangan jalan umum. Lampu penerangan jalan umum pertama kali dibangun oleh kekhalifahan Islam, khususnya di Cordoba. Pada masa kejayaannya, pada malam hari jalan-jalan yang mulus di kota peradaban Muslim yang berada di benua Eropa itu bertaburkan cahaya.

Selain dikenal bertabur cahaya di waktu malam, **kota-kota peradaban Islam** pun dikenal sangat bersih. Ternyata, pada masa itu para insinyur Muslim sudah mampu menciptakan sarana pengumpul sampah, berupa kontainer. Sesuatu yang belum pernah ada dalam peradaban manusia sebelumnya.

Para insinyur Muslim di masa kejayaan juga telah memberi sumbangan bagi pengembangan teknik sipil dengan menemukan beragam peralatan survei. Peralatan untuk meneliti permukaan berupa papan dari kayu dengan timbangan pengukur garis tegak lurus dan dua cantelan. Saat itu juga suda ditemukan alat untuk mengukur sudut, mengukur lebar sungai serta mengukur jarak antara dua titik yang dipisahkan oleh sebuah halangan yang tak dapat dilalui.

Sebelum peradaban Barat berhasil membangun gedung pencakar langit, para insinyur Muslim pada abad ke-16 M telah berhasil membangun gedung pencakar langit di **Shibam, Yaman**. Tak heran, jika kota itu dikenal sebagai **‘kota pencakar langit tertua**di dunia.’ Inilah contoh pertama tata kota yang didasarkan pada prinsip-prinsip pembangunan secara vertikal.

Di kota Shibam dibangun tak kurang dari 500 tower rumah yang tingginya mencapai 30 meter. Para insinyur teknik sipil Barat untuk pertama kalinya berhasil membangun gedung pencakar langit pertama pada tahun 1885 M. Gedung pencakar langit pertama yang dibangun insinyur barat adalah Home Insurance Building yang tingginya mencapai 42 meter.

Insinyur teknik sipil Muslim di abad ke-12 M, juga telah mampu mendirikan menara tertinggi di abad pertengahan. Menara masjid tertinggi itu adalah **Qutub Minar** yang tingginya mencapai 72 meter. Sedangkan, menara masjid tertinggi di abad ke-21 ini adalah **menara Masjid Hasan II yang tingginya mencapai 201 meter. Menara itu dibangun pada tahun 1986.**

Salah satu pencapaian lainnya yang berhasil dibangun para insinyur Muslim adalah sistem pemasok air atau sistem irigasi. Saluran irigasi yang dibagun pada zaman kemilau Islam itu hingga kini masih digunakan di dunia Islam atau wilayah bekas kekuasaan Islam di Eropa, seperti **Sicilia, Semenanjung Iberia dan khusunya Andalusia, Aragon, dan provinsi Valencia di Spanyol.** Sistem irigasi yang dikembangkan para insinyur Muslim itu juga telah diadopsi di Kepulauan Canary dan Amerika. Bangsa Spanyol yang memperkenalkannya ke benua Amerika. Hingga kini, sistem irigasi yang dikembangkan para insinyur Muslim itu masih digunakan di **Meksiko, Texas, Peru, dan Chili.**

**Kemajuan Sains: 1300 – 1750 AD**

Pada akhir abad pertengahan, kemajuan besar terjadi dalam bidang transportasi dan komunikasi. Ini merangsang penemuan ilmiah dan mempercepat penyebaran informasi. Pada abad ke-13, para insinyur-arsitek Italia merintis jalan ke arah modernisasi pembangunan kanal setelah mereka berhasil membuat canal lock, segera dibuat jaringan-jaringan dibangun diseluruh penjuru eropa sehingga transportasi ke wilayah pedalaman dapat dilakukan lewat air.

Johann Gutenberg adalah penemu cetakan bergerak dan disebut sebagai orang yang mencetak buku pertama pada sekitar tahun 1450. Proses cetak buku bergambar telah dilakukan di jepang setidaknya pada 765 AD bahkan bangsa Cina sudah lebih dulu melakukannya. Dengan penemuan ini, penyebaran informasi semakin mudah dilakukan, khususnya dalam bidang sains dan engineering. Selama tahun 1500 diterbitkan buku-buku tentang survei, hidrolika, kimia, pertambangan dan metalurgi dan bidang lainnya. Kemajuan sains selama abad ke lima belas, ke enam belas, dan ke tujuh belas berdampak besar terhadap perkembangan teknologi dan industri yang terjadi kemudian, dan kontribusi para ilmuan pada masa itu tetap tersa gaungnya hingga kini.

Dibawah ini adalah beberapa nama diantara mereka dan sumbangan yang mereka berikan.

* Leonardo da Vinci (1452-1519). Seorang seniman, arsitek, dan eksperimentalis masa Renaisans dari italia, ia memperlihatkan kejeniusannya dalam banyak bidang. Namanya dikenal lebih karena desain-desain konseptualnya dan bukan dari karya-karya engineering praktisnya.
* Nicolaus copernicus (1473-1543). Seorang astronom keturunan jerman dan polandia, ia adalah penemu astronomi modern berkat teorinya yang menyebutkan bahwa bumi adalah planet yang bergerak.
* Galileo (1564-1642). Seorang astronom dan fisikawan berkebangsaan Italia, ia merumuskan metode ilmiah untuk memperoleh pengetahuan. Galileo adalah orang pertama yang menggunakan teleskop untuk mempelajari astronomi, dan ia merupakan penemu satu hukum terkenal yang menjelaskan tentang benda-benda yang jatuh.
* Robert Boyle (1627-1691). Boyle adalah seorang kimiawan dan fisikawan asal Irlandia yang meneliti pemampatan dan pemuaian udara dan gas-gas lain dan menemukan bahwa volume gas pada suku konstan berbanding terbalik terhadap tekanannya (Hukum Boyle).
* Robert Hooke (1635-1703). Seorang ilmuwan eksperimen berkebangsaan Inggris, ia merumuskan satu teori tentang elastisitas yang dikenal sebagai Hukum Hooke. Hukum ini menyatakan bahwa seberapa banyak suatu benda akan terdeformasi berbanding terbalik dengan gaya atau tegangan yang bekerja pada benda itu.
* Sir Isaac Newton (1642-1727). Seorang ilmuwan dan matematikawan asal Inggris, ia adalah penemu kalkulus. Selain kalkulus, ia juga berhasil mengungkap misteri mengenai cahaya dan warna, serta merumuskan hukum gravitasi semesta.
* Thomas Newcomen (1663-1729). Seorang penemu berkebangsaan Inggris, Newcomen menciptakan salah satu dari mesin-mesin uap pertama pada 1712, mesin uap ciptaanya, yang menggunakan tekanan udara, digunakan untuk memompa air dari tambang-tambang di Inggris selama hampir 75 tahun sebelum akhirnya digantikan oleh mesin uap ciptaan James Watt yang lebih efisien.

**Kemajuan Engineering : 1750 – 1900 AD**

Selama kurun waktu 150 tahun hingga datangnya abad kedua puluh, pertambangan, manufactur dan transfortasi mengalamikemajuan. Selama tahun 1760-an, James Watt merancang dan membuat sebuah model mesin upa yang jauh lebih sempurna. Model buatanya ini berfungsi dengan baik. Dengan dukungan industriawan Matthew Boulton, ia membuat ratusan mesin ini. Pada 1800, 500 mesin Boulton dan Watt digunakan di Inggris. Mesin-mesin ini mengeringkan tambang dan menggerakan peralatan yang dipakai di pabrik pengolahan besi dan di pabrik tekstil.

Hingga pertengahan 1700-an, pengolahan bijih besi dilakukan dengan menggunakan bahan bakar arang. Karena kelangkaan kayu sebagai bahan pembuat arang, para pemilik pabrik besi mulai menggunakan kokas, jenis batu bara yang lebih ringan dan berpori, untuk proses peleburan besi. Meningkatnya kebutuhan akan kokas menyebabkan tambang-tambang batu bara perlu dikeringkan dan inilah yang akhirnya mengarah pada dikembangkannya pompa-pompa tambang berharga uap. Sumber tenaga yang baru ini segera mulai digunakan untuk menggerakan peralatan di pabrik besi dan baru ini segera mulai digunakan untuk menggerakkan peralatan di pabrik besi dan untuk mengoperasikan mesin-mesin blower baru yang mempercepat proses peleburan.

Di Inggris dan Amerika, mesin uap mulai dicoba untuk menggerakkan perahu dan kapal uap pedal yang pertama kali sukses secara komersial. Clermont buatan Robert Fulton, muncul di Amerika pada 1807. Kemudian, pada 1823, penemu asal Inggris George Stephenson membangun sebuah pabrik lokomotif di Newcastle dan dua tahun kemudian, membuktikan kelayakan transfortasi kereta tenaga uap.

Transfortasi mengalami kemajuan pesat selama kurun waktu 1780 – 1900. suatu jaringan kanal yang mahal telah dibangun di Inggris selama dua dekade terakhir di dalam abad kedelapan belas. Masa kejayaan pembangunan kanal di Amerika Serikat terjadi pada paruh pertama abad kesembilan belas. Beberapa kanal yang dibangun pada masa ini adalah :

* 1817-1825 Kanal Erie, sepanjang 364 mil (km), yang menghubungkan erie pennsylvania, dengan Buffalo, New York.
* 1828-1826 Kanal Ohio, membentang dari Cleveland hingga Portsmouth melewati sungai Ohio.
* 1828-1850 Kanal Chesapeake and Ohio, membentang dari Washington, DC, hingga Cumberland, Maryland.

Tidak lama setelah Stephenson membuktikan kelayakan transportasi kereta, kemajuan luas biasa terjadi dalam sistem jalan kereta. Di Amerika Serikat, panjang jalur rel bertambah dari 35.00 mil (56.000 km) pada akhir perang saudara menjadi 193.000 mil (308.800 km) pada 1900 pada awal abad kedua puluh, jalur rel yang dibutuhkan untuk semua keperluan telah selesai dibangun di Amerika Serikat.

Selama periode ini, teknologi pembuatan jalan mengalami perkembangan pesat. Pembuat jalan paling terkenal dari masa ini adalah John Macadam (1756-1836) dari Skotlandia, yang mengembangkan metode baru dalam pembangunan jalan yaitu dengan cara memadatkan lapisan-lapisan pecahan batu. Penerus Macadam (juga berasal dari Skotlandia), Thomas Telford, melanjutkan upaya ini dengan menggunakan lempengan-lempengan batu besar yang diletakkan berdampingan dan saling mengait untuk membentuk sebuah landasan kokoh yang diletakkan berdampingan dean saling mengait untuk membentuk sebuah landasan kokoh yang diatasnya dilapisi kerikil dan pecahan batu. Telford mensupervisi pembangunan 920 mil (1472 km) jalan dan 1200 jembatan selama tahun-tahun pertama abad kesembilan belas.

Dari sudut pandang keberhasilan engineering pada abad kesembilan belas, ditemukannya listrik sebagai sumber tenaga dianggap sebagai salah satu yang paling signifikan. Keberhasilan ini adalah berkat upaya dari banyak ilmuwan dan insinyur pada paruh kedua abad kesembilan belas. Namun demikian, apa yang telah mereka capai itu merupakan pengembangan dari penemuan-penemuan yang dihasilkan oleh pada fisikiawan pada awal 1800-an, yang mendefinisikan sifat dasar listrik: orang-orang seperti George Simon Ohm dari Jerman, Alessandro Volta dari Italia, serta Charles Coulomb dan Andre Ampere dari Prancis. Beberapa catatan penting dalam perkembangan tenaga listrik dapat dilihat di bawah ini. Beberapa di antara tahun-tahun pada catatan di bawah merupakan perkiraan.

* 1827 Alessandro Volta menemukan baterai listrik yang pertama
* 1830 Sir Humphry Davy menemukan elektromagnetisme dan arc light/lamp.
* 1831 Michael Faraday berhasil melakukan proses induksi magnetik.
* 1880 Thomas A Edison menciptakan lampu pijar praktis dan menemukan bahwa lampu-lampu dapat dihubungkan secara pararel, sehingga satu atau beberapa lampu dapat dimatikan tanpa mematikan sistem keseluruhan.
* 1882 Edison membangun stasiun pembangkit listrik Pearl Street yang beroperasi di kota New York.
* 1888 Nikola Tesla mendapat hak paten atas penemuannya yaitu motor induksi dan sistem arus bolak-balik polifase yang baru.
* 1888 Setelah mendirikan Westinghouse Electric Company pada 1886, GeorgeWestinghouse mendapat kontrak untuk membuat generator-generator yang akan dipakai untuk proyek pembangunan pembangkit listrik tenaga air Niagara, di mana ini merupakan kali pertama proyek semacam ini dilakukan.

Pada akhir abad kesembilan belas, penggunaan tenaga listrik sudah bukan barang baru lagi bahkan semakin lama semakin banyak digunakan. Komunikasi lewat telegraf, yang cara kerjanya diperlihatkan pertama kali oleh Samuel F. B. Morse pada 1843, sudah berlangsung antara Amerika Utara dan Eropa dengan menggunakan kabel-kabel bawah-laut. Setengah juta telepon digunakan dan kebutuhan penerangan listrik untuk rumah dan industri meningkat. Listrik digunakan untuk menjalankan kereta dan term dan juga dipakai untuk mengoperasikan mesin-mesin baru.

Abad kesembilan belas juga menjadi abad di mana engineering semakin diakui sebagai profesi yang terhormat. John Smeaton dari Inggris, orang perdana yang memakai titel insinyur sipil, adalah satu orang terpandang di dalam kalangan ilmuwan. Ia membantu, pada 1771 terbentuknya sebuah komunitas engineering dengan aspirasi dan tradisi yang mirip dengan yang dimiliki oleh Royal Society, di mana ia menjadi anggotanya.

Pada 1818, sekelompok insinyur muda asal Inggris mendirikan Institusi Insinyur Sipil dan mengangkat Thomas Telford sebagai presiden pertamanya. Institusi Insinyur Mesin berdiri pada 1847, dengan George Stephenson sebagai presiden pertamanya. Di Amerika, sepanjang tahun 1908, berdiri lima buah komunitas engineering besar, yaitu untuk teknik sipil, teknik mesin, teknik listrik, teknik kimia dan pertambangan serta teknik metalurgi:

American Society of Civil Engineers (1852)
American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers (1871)
American Society of Mechanical Engineers (1880)
Institute of Electrical and Electronics Engineers (1884)
American Institute of Chemical Engineers (1809)

**Engineering di Abad Kedua Puluh.**

Sepanjang dekade pertama abad kedua puluh, terjadi beberapa kemajuan penting dalam teknologi yang nantinya berdampak besar terhadap peradaban kita. Pada awal abad kedua puluh, para inventor dan insinyur berlomba-lomba mencari cara untuk membuat mesin terbang yang lebih berat dari udara. Sukses pertama terjadi pada 1903 ketika Wilbur dan Orville Wright berhasil menerbangkan pesawat udara mereka selama 12 detik dan mencapai jarak sejauh 120 kaki (37 m). Sejak penerbangan pertama ini, transportasi udara telah berkembang dan menjadi sarana angkutan utama bagi mereka yang ingin menempuh perjalanan panjang, di mana pada tahun 1998 tercatat 91 persen dari jarak yang ditempuh dalam perjalanan antar kota di Amerika Serikat adalah lewat udara. Sekarang, pesawat penumpang komersial mampu terbang dengan kecepatan 550 mil (880 km) per jam, dan perjalanan udara lintas-samudera dengan pesawat supersonik dapat ditempuh pada kecepatan hingga 1450 mil (2320 km) per jam. Lebih dari 3000 bandara telah dibangun di Amerika Serikat, mencakup sekitar 2200 bandara penerbangan umum yang melayani pesawat-pesawat kecil milik pribadi. Bandara tersibuk pada tahun 1999, Atlanta Hartsfield, melayani lebih dari 78 juta penumpang yang tiba dan berangkat.

Berbagai jenis “Horseless Carriage” (nama lama untuk mobil, dipakai ketika kendaraan dengan kuda masih menjadi sarana transportasi utama) telah diciptakan pada tahun 1900, dan pada tahun 1904, kendaraan bermotor mulai diproduksi dalam jumlah besar. Henry Ford berjasa besar terhadap perkembangan dan popularitas mobil karena ialah yang memperkenalkan proses produksi massal yang modern dan ia pulalah yang pertama kali membuat mobil yang harganya terjangkau. Di penghujung abad kedua puluh, hampir 9 dari setiap 10 rumah tangga di Amerika Serikat memiliki mobil. Lebih dari setengah jumlah rumah tangga di Amerika Serikat memiliki setidaknya dua buah mobil. Sepanjang 3,8 juta mil (6,08 juta km) jaringan jalan telah dibangun untuk melayani perjalanan menggunakan kendaraan bermotor. Komponen yang paling menakjubkan dari jaringan jalan ini adalah Interstate Highwat System yang memiliki panjang 45.500 mil (72,800 km) dan dibangun dengan biaya lebih dari $100 miliar. Sistem itu, yang pembangunannya dimulai pada tahun 1956, menampung 23 persen dari sejumlah perjalanan berkendaraan.

Pada awal 1900-an, para insinyur dan ilmuwan menemukan cara-cara baru untuk mengolah air dan limbah rumah, meliputi: Jaringan air di dalam tangki beton bertulang mulai dipakai di New jersey. Karl Imhoff memperlihatkan cara penggunaan tangki pengendapan dan digestasi lumpur berskala besar yang menggantikan penggunaan tangki septik kecuali untuk ukuran kecil. Klorin cair digunakan pertama kalinya sebagai disinfektan air di Fort Mayor. Virginia. Keberhasilan dari kemajuan di atas ini dan kemajuan-kemajuan pemelopor lainnya dalam bidang engineering lingkungan tampak jelas dari turunnya angka kematian per tahun akibat demam tifoid dari sekitar 10.000 pada 1906 menjadi sekitar 200 dua puluh tahun kemudian.

Proyek pembangunan raksasa pertama yang dilakukan pada zaman modern adalah Terusan Panama, yang dibuka pada 1914. terusan ini memiliki panjang sekitar 50 mil (80 km). Terusan ini memiliki tiga set lock, di mana masing-masing memiliki panjang 1000 kaki (305 m), lebar 100 kaki (34 km), dan kedalaman sekitar 70 kaki (21 m). Sebelum terusan ini dibuka, kapal dari New York ke San Francisco harus menempuh 13.000 mil (20.800 km) mengelilingi ujung Amerika Selatan. Sesudah terusan dibuka jarak yang ditempuh turun menjadi sekitar 5200 mil (8320 km). Salah satu kemajuan besar yang terjadi pada abad ini adalah dibangunnya begitu banyak jembatan dan bangunan. Contoh-contoh keberhasilan yang dicapai dalam desain dan konstruksi bangunan adalah:

* 1931 The Empire State Building, di kota new York, dengan ketinggian 1250 kaki (382 km). Ketika pembangunannya selesai, bangunan ini adalah bangunan tertinggi dunia dan memiliki 20 tingkat lebih banyak daripada bangunan tertinggi sebelumnya.
* 1931 The George Washington Bridge, di Kota New York, dengan panjang 3500 kaki (1069) m). Ketika jembatan ini dibuka, panjang bentangannya hampir dua kali daripada jembatan terpanjang sebelumnya.
* 1974 The Sears Tower, Chichago, Illionis, sebuah gedung setinggi 1450 kaki (443 m).

Keberhasilan engineering lainnya yang banyak dicapai di abad kedua puluh adalah dalam bidang sumber daya air. Satu contohnya adalah The Hoover Dam, sebuah bendungan yang selesai dibangun pada 1936. Ketika selesai dibangun, bendungan pertama yang terbuat dari beton ini memiliki ketinggian 726 kaki (222 m0 dan merupakan bendungan tertinggi di dunia. Satu contoh keberhasilan lain dalam manajemen sumber daya air adalah proyek pencegahan banjir, navigasi, dan pembangkitan daya dari Tennessee Valley penanggulangan banjir, daya murah, dan pertumbuhan industri.

Tidak lama setelah Perang Dunia II, dilakukan studi-studi desain dan kelayakan perihal kemungkinan dihasilkannya energi listrik dengan menggunakan tenaga nuklir pertama mulai dioperasikan pada 1967. tenaga nuklir telah mampu bersaing secara ekonomis dengan tenaga dari bahan bakar fosil dan pada tahun 1998, 104 pusat pembangkit listrik tenaga nuklir menghasilkan 674 miliar kWh listrik di Amerika Serikat, merupakan 21 persen dari total energi yang diproduksi negara ini.

Biasanya, panas yang dihasilkan di dalam pusat pembangkit tenaga nuklir diperoleh dengan cara melakukan proses fisi terhadap suatu bahan nuklir seperti uranium 235. panas ini kemudian dipindahkan oleh sebuah steam generator, dan uap ini selanjutnya digunakan untuk menggerakkan sebuah turbin dan sebuah alternator yang akan membangkitkan listrik. Ada dua tantangan besar yang harus diatasi oleh para ahli yang merancang pusat pembangkit listrik tenaga nuklir: (1) menyediakan sistem keamanan yang memadai (misalnya, perlindungan yang memadai, sistem pendinginan siklus tertutup) terhadap emisi radioaktif; dan 92) merancang suatu struktur pelindung untuk berjaga-jaga apabila terjadi ledakan.

Abad kedua puluh adalah abad di mana kemajuan dan perubahan teknologi berlangsung paling pesat. Kemajuan paling pesat ini mungkin terlihat paling kentara di bidang elektronika. Pada abad ini, transmisi sinyal model lama telah digantikan dengan jaringan komunikasi modern yang disertai dengan sistem switching besar menggunakan komponen-komponen elektronik. Sejak ditemukannya transistor pada 1947, peranti-peranti semikonduktor telah banyak digunakan untuk menggantikan tabung vakum sebagai alat untuk memperkuat sinyal elektronik. Transistor dan dioda jauh lebih kecil. Kehadiran rangkaian terpadu (Integrated Circuit) yang murah, diproduksi secara masal di atas kepingan-kepingan (chip) silikon. Telah mengakibatkan terjadinya revolusi dalam desain peralatan elektronik. Seiring sejalan dengan ukurannya yang dapat diperkecil, peranti-peranti semacam ini membuat transmisi sinyal ke seluruh bagian rangkaian dapat berlangsung lebih cepat dan andal dan ini berujung pada dibuatnya rangkaian switching yang lebih cepat dan komputer digital.

Karena terbatasnya ruang, hanya sedikit dan sekelumit saja yang bisa kita bahas mengenai keberhasilan luar biasa yang telah dicapai para insinyur di sepanjang abad kedua puluh. Semoga contoh-contoh yang telah diberikan di dalam bab ini dapat memberikan sedikit gambaran kepada para pembaca gairah dan tantangan-tantangan yang berkaitan dengan karier engineering. Kedepannya, para insinyur akan menghadapi segudang permasalahan kompleks dengan implikasi yang luas, seperti:

* Upaya menemukan, mengembangkan, dan memanfaatkan sumber energi alternatif untuk menggantikan batu bara dan minyak bumi yang persediaannya semakin menipis.
* Upaya mengembangkan cara-cara untuk menjaga dan memperbaiki sarana-sarana umum yang cepat dan atau lambat akan mengalami kerusakan.
* Upaya lebih lanjut untuk memajukan teknologi mikrokomputer dan menerapkannya untuk hal-hal yang lebih banyak lagi.
* Upaya untuk mengembangkan teknologi yang dapat meningkatkan hasil-hasil pertanian mengingat semakin besarnya jumlah penduduk dunia dan ancaman kelaparan.
* Upaya untuk menemukan rancangan bangunan yang mampu bertahan terhadap gempa bumi badai, dan jenis-jenis bencana alam lainnya.
* Upaya menemukan cara-cara yang lebih baik dalam penanganan limbah-limbah berbahaya, termasuk limbah radioaktif yang dihasilkan dari proses produksi untuk memperoleh energi nuklir.
* Upaya penjelajahan ruang angkasa dan upaya menemukan aplikasi-aplikasi dari hasil riset antariksa baik untuk kepentingan militer maupun untuk tujuan damai.