

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Author	Terbitan	Judul	Persamaan/Perbedaan dengan Topik
Yulianto, Ira Puspita Sari	Jurnal TEDC Vol. 16 No. 3, September 2022	ANALISIS PERBANDINGAN KUAT TEKAN, WAKTU DAN BIAYA PENGECORAN ANTARA BETON INSTAN DAN BETON KONVESIONAL	Persamaan: Artikel ini membahas 3 aspek utama yaitu ,kuat tekan , waktu pengerjaan dan biaya pengecoran
Agung kurniawan	Riset / penelitian	Analisis Workabilitas Dan Kekuatan Campuran Perkerasan Kaku Dengan Bahan Additives Fly Ash Dan Pozzolith 425 R Basf	Persamaan: Penelitian ini membahas karakteristik Beton Perbedaan: penambahan bahan pengganti sebagian semen dengan Fly Ash dan bahan tambah yang beragam
M. Fakhururiza Pradana, Dwi Esti Intari , Mega Aristina Diansari	Jurnal LPPM	Perencanaan tebal perkerasan kaku dengan metode bina marga 2023	Persamaan: Jurnal ini membahas tentang perencanaan tebal perkerasan jalan kaku,metode yang disesuaikan dengan kondisi jalan di Indonesia dengan mempertimbangkan faktor beban kendaraan dan biaya konstruksi.

			Perbedaan: Membahas tentang perencanaan jalan
Fajar Suryo Riyadi, Bambang Suprpto, Azizah Rachmawati	JURNAL REKAYASA SIPIL/VOL .7.NO.2 – AGUSTUS 2019/ISSN 2337-7739	Studi perencanaan tebal perkerasan kaku pada ruas jalan samarinda-sembulu (STA. 14+100 – 24+100)	Persamaan: Desain perencanaan perkerasan kaku dan penulangan jalan yang telah ada dengan metode Bina Marga berpedoman pada T-14-2003. Perbedaan: Perencanaan untuk mendapatkan desain ulang
Dimas Abdul Ghony .T. L , Bambang Suprpto , Azizah Rachmawati	JURNAL REKAYASA SIPIL/VOL.8.N O.2 – FEBRUARI 2020/ISSN 2337-7739	Study perncanaan tebal perkerasan kaku ( RIGID PAVEMENT ) pada ruas jalan ngoro – pekukuhan ( STA 3 + 000 – 13 + 000 ) kabupaten mojokerto	Persamaan: Sama perkerasan kaku Perbedaan: penulangan jalan dengan metode PD T 14-2003. desain ulang untuk mendapat perencanaan
Dwi Erry Nopriyanto, Siswoyo	axial, Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi Vol. 9, No.2, Agustus 2021, Hal. 091-102	Perencanaan perkerasan kaku (RIGID PAVEMENT) untuk peningkatan jalan lakar santri – benowo kota surabaya dengan metode bina marga	Persamaan: Studi ini fokus pada peningkatan jalan dengan perkerasan kaku. Perbedaan: tebal perkerasan direncanakan sebesar 27,5 cm dengan lapis pondasi bawah berupa lean mix concrete
Humisar Pasaribu , Manapar Tua Simanullang	Jurnal Teknik Sipil Vol. 1, No. 1, November 2021	Hubungan kekuatan tanah dasar dengan perkerasan kaku (RIGID PAVEMENT)	Studi ini mengeksplorasi hubungan antara kekuatan tanah dasar dengan perkerasan kaku. Perbedaan: penelitian ini dilakukan dengan

			tujuan untuk mengetahui hubungan antara kekuatan tanah dasar dengan perkerasan kaku (rigid pavement) dikarenakan kekuatan kaku tidak tergantung pada kekuatan tanah
Ir. Peter L. Barnabas, MT, Sutanto	Jurnal Undip	Pengendalian mutu beton pada pelaksanaan perkerasan jalan kaku	Persamaan: pembangunan jalan dengan perkerasan kaku Perbedaan: membahas tentang pentingnya pengendalian kualitas beton
Triyanto A.0115032	Tugas akhir universitas tunas pembangunan surakarta	Perencanaan perkerasan kaku (rigid pavement) pada ruas jalan kartasura – boyolsli menggunakan metode NAASRA dan SNI Pd T-14-2003	Persamaan: Membahas perkerasan kaku Perbedaan: membahas tentang desain dan analisis ketebalan perkerasan beton yang diperlukan untuk menahan beban lalu lintas dan kondisi tanah di bawahnya.
Nita Bonita Rombe	Artikel Vol 2 No 4 (2020): PCEJ, Vol.2, No.4, December 2020	Pengaruh Suhu Waktu Pengecoran Terhadap Kuat Tekan dan Tarik Beton	Persamaan: Artikel ini membahas perkuatan kaku Perbedaan: membahas tentang dampak suhu pada saat pengecoran terhadap karakteristik kuat tekan dan kuat tarik beton.
Fitri Megarani,	JURNAL TEKNIK ITS	Analisis Pemilihan Jenis Perkerasan Jalan	Persamaan: Perkerasan kaku

dan Dr. Catur Arif Prastyanto, ST. M.Eng	Vol. 8, No. 2, (2019) ISSN: 2337-3539 (2301-9271	untuk Menangani Kerusakan Jalan pada Ruas Jalan Desa Batuputih Daya, Kabupaten Sumenep	Perbedaan: Studi ini membahas tentang kerusakan jalan di Desa Batuputih Daya,dan analisis bia ya
KhoirulAna m, Zendy Bima Mahardana , Friska Windi Meira Aisyah , Yuzi Melia Adi Putri, Onie Wardani,	EISSN: 2622- 6774 Vol 10 No.2 Juni 2023	Pengaruh Penggunaan Zat Aditif Mastersure dan Masterglenium terhadap Workability Beton Nor mal	Persamaan: Sama sama menggunakan bahan additif Perbedaan: Penelitian ini berfokus pada peningkatan kemudahan pengerjaan beton dengan menggunakan konsep self compaction concrete (scc)
Abdul Khojar,ST1 , Ir. Didik Budi Fariadi ST, IPM	Seminar Keinsinyuran 2021	Penerapan manajemen waktu terhadap penyelesaian proyek kontruksi, study kasus pembangunan gedung pusat layanan stroke rumah sakit umum haji surabaya	Persamaan: Pengendalian manajemen waktu perbedaan: Pembangunan gedun g
Zamroni, Eka Susanti, Dita Kamarul Fitriyah	Jurnal vol.1 no.2 (2020)	Pengaruh Penggunaan Zat Aditif Tipe C Pada Kuat Tekan Beton	Persamaan: zat aditif tipe C, yang merupakan accelerator, dapat mempengaruhi kuat tekan beton. Perbedaan: meminimalisir penggunaan semen dan mengurangi dampak negatif pada lingkungan dengan menggunakan fly ash sebagai material pengganti.
Fikri	Jurnal Media	Produktivitas Rencana	Persamaan:

Armando ,Afrizal Nursin	Komunikasi Dunia Ilmu Sipil (MoDuluS) p- ISSN 2714-9021 Volume 4, No 2, Desember 2022, pp 61-66	Dengan Aktual Pekerjaan Rigid Pavement Dengan Slipform Concrete Paver (Studi Kasus Jalan Tol Kayuagung – Palembang - Betung Seksi 3B)	Pekerjaan rigid pavement Perbedaan: Menganalisis biaya operasi dan biaya pekerjaan rigid pavement.
-------------------------------	---	--	--

Sumber: Hasil Studi Pustaka,2024

## 2.2 Definisi Perkerasan Kaku

Rigid pavement atau perkerasan kaku adalah jenis perkerasan jalan yang menggunakan beton sebagai bahan utama perkerasan tersebut, merupakan salah satu jenis perkerasan jalan yang digunakan selain dari perkerasan lentur (asphalt). Perkerasan ini umumnya dipakai pada jalan yang memiliki kondisi lalu lintas yang cukup padat dan memiliki distribusi beban yang besar, seperti pada jalanjalan lintas antar provinsi, jembatan layang (fly over), jalan tol, maupun pada persimpangan bersinyal. Jalan-jalan tersebut umumnya menggunakan beton sebagai bahan perkerasannya, namun untuk meningkatkan kenyamanan biasanya diatas permukaan perkerasan dilapisi asphalt (Hamid, 2020)

Menurut (Priyanto, 2020) SNI Pd-T-14-2003 perkerasan kaku (rigid pavement) beton semen dibedakan menjadi 4 macam, yaitu :

1. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan.
2. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan.



3. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan.

4. Perkerasan beton semen pra-tegang.

Menurut (Mukti, 2022) SK SNI S-18-1990-03 (Spesifikasi Bahan Tambahan Untuk Beton), bahan tambah kimia dapat dibedakan menjadi 5 (lima) jenis yaitu :

- a. Bahan tambah kimia untuk mengurangi jumlah air yang dipakai. Dengan pemakaian bahan tambah ini diperoleh adukan dengan faktor air semen lebih rendah pada nilai kekentalan yang sama, atau diperoleh kekentalan adukan lebih encer pada faktor air semen yang sama.
- b. Bahan tambah kimia untuk memperlambat proses ikatan beton. Bahan ini digunakan misalnya pada satu kasus dimana jarak antara tempat pengadukan beton dan tempat penuangan adukan cukup jauh, sehingga selisih waktu antara mulai pencampuran dan pemadatan lebih dari 1 jam.
- c. Bahan tambah kimia untuk mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton. Bahan ini digunakan jika penuangan adukan dilakukan dibawah permukaan air, atau pada struktur beton yang memerlukan waktu penyelesaian segera misalnya perbaikan landasan pacu pesawat udara, balok prategang, jembatan dan sebagainya.
- d. Bahan tambah kimia berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan memperlambat atau mempercepat proses ikatan.

Perkerasan kaku direncanakan untuk memikul beban lalu lintas secara aman dan nyaman serta dalam umur rencana tidak terjadi kerusakan yang

berarti (Dwiyanzah, 2023). Untuk dapat memenuhi fungsi tersebut perkerasan kaku (rigid pavement) harus :

- a. Mereduksi tegangan yang terjadi pada tanah dasar (akibat beban lalu lintas) sampai batas-batas yang masih mampu dipikul tanah dasar tersebut, tanpa menimbulkan perbedaan penurunan atau lendutan yang dapat merusak perkerasan.
- b. Mampu mengatasi pengaruh kembang susut dan penurunan kekuatan tanah dasar, serta pengaruh cuaca dan kondisi lingkungan.



### 2.3 A. Beton

Beton adalah campuran antara semen portland, agregat (agregat kasar dan agregat halus), air dan terkadang ditambah dengan menggunakan bahan tambah (admixtures) yang bervariasi mulai dari bahan tambah kimia, serat sampai dengan bahan non kimia pada perbandingan tertentu (Sidabutar, 2022). Beton dihasilkan dari sekumpulan interaksi mekanis dan kimia sejumlah material pembentuknya menurut Nawy dalam (Lubis M. P., 2023). DPU-LPMB memberikan definisi tentang beton sebagai campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk massa padat SK.SNI T-15-1990-03 (Budiningrum, 2021).

Berdasarkan berat isinya beton dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu beton ringan, berat, dan normal. Umumnya beton dibuat dengan menggunakan bahan agregat yang mempunyai kepadatan seperti yang diinginkan. Beton yang memakai agregat ringan akan membentuk berat isi menjadi ringan. Agregat ringan yang berasal dari alam yang disebut dengan agregat alami sedangkan agregat yang berasal dari proses pemanasan atau pembakaran material lain disebut agregat ringan buatan (Hamdi, 2022)

(Haris, Studi Eksperimental Kuat Tekan Beton dengan Mensubstitusikan Limbah Batu Bata Pada Semen., 2020) Dalam keadaan segar, beton mudah dibentuk sesuai dengan yang diinginkan. Apabila campuran beton dibiarkan maka akan mengeras seperti batu. Pengerasan itu



terjadi karena peristiwa reaksi kimia antara air dan semen. Beton dalam keadaan mengeras mempunyai nilai kuat tekan yang tinggi. Untuk Mencapai kuat tekan beton perlu diperhatikan kepadatan dan kekerasan massanya. Umumnya semakin padat dan keras massa agregat akan semakin tinggi nilai kekuatan dan durability-nya (daya tahan terhadap penurunan mutu dan akibat pengaruh cuaca).

Beton adalah salah satu bahan konstruksi yang paling umum digunakan di seluruh dunia. Beton merupakan campuran dari semen, agregat kasar, agregat halus, air, dan aditif. Aditif beton adalah bahan tambahan yang ditambahkan ke campuran beton untuk meningkatkan sifat-sifat tertentu dari beton tersebut (Polopadang, 2023)

(Septiani, 2024) Beton mempunyai sifat dan karakteristik sebagai berikut:

1. Karakteristik beton mempunyai tegangan hancur tekan yang tinggi serta tegangan hancur tarik yang rendah.
2. Beton tidak dapat dipergunakan pada elemen konstruksi yang memikul momen lengkung atau tarikan.
3. Beton sangat lemah dalam menerima gaya tarik, sehingga akan terjadi retak yang makin – lama makin besar.
4. Proses kimia pengikatan semen dengan air menghasilkan panas dan dikenal dengan proses hidrasi.
5. Air berfungsi juga sebagai pelumas untuk mengurangi gesekan antar butiran sehingga beton dapat dipadatkan dengan mudah.

6. Kelebihan air dari jumlah yang dibutuhkan akan menyebabkan butiran semen berjarak semakin jauh sehingga kekuatan beton akan berkurang.
7. Dengan perkiraan komposisi (mix design) dibuat rekayasa untuk memeriksa dan mengetahui perbandingan campuran agar dihasilkan kekuatan beton yang tinggi.
8. Selama proses pengerasan campuran beton, kelembaban beton harus dipertahankan untuk mendapatkan hasil yang direncanakan.

## B. Mutu Beton

**Tabel 1.2** Mutu Beton dan comparing K ke Fc' Mpa

NO	Mutu K	Mutu Fc' ( Mpa )
1	K - 100	Fc 8,3 mpa
2	K - 150	Fc 12,35 mpa
3	K - 175	Fc 14,35 mpa
4	K - 200	Fc 16,60 mpa
5	K - 225	Fc 18,68 mpa
6	K - 250	Fc 20,75 mpa
7	K - 275	Fc 22,83 mpa
8	K - 300	Fc 24,90 mpa
9	K - 350	Fc 29,05 mpa
10	K - 400	Fc 33,20 mpa

Sumber :Readymix.co.id

## 2.4 Bahan Bahan Penyusun Beton

### 1. Semen

Menurut (Darwis, 2022) berdasarkan (SNI 15-2049-2004) semen portland sendiri terdiri dari 5 jenis yang dapat di gunakan sesuai fungsi bangunannya masing masing, Diantaranya :

- a. Jenis I. semen portland jenis ini tidak memerlukan persyaratan khusus, seperti pada semen portland jenis lainnya
- b. Jenis II. Semen portland jenis ini dalam penggunaannya harus tahan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang. Biasanya digunakan untuk konstruksi bangunan yang berhubungan dengan air kotor, air tanah, atau pondasi
- c. Jenis III. Semen portland jenis ini memerlukan kekuatan tinggi pada saat terjadi pengikatan pada tahap awal. Biasanya digunakan di daerah dingin.
- d. Jenis IV. Semen portland jenis ini membutuhkan kalor hidrasi yang rendah, biasanya digunakan untuk beton yang berukuran besar dan massif, seperti pada pondasi yang berukuran besar, bendungan, dan lain lain.
- e. Jenis V. Semen portland jenis ini membutuhkan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. Digunakan pada bangunan yang berhubungan dengan air laut, limbah air buangan industri, bangunan yang berhubungan dengan gas atau uap kimia.

## **2. Agregat**

Pada beton agregat mengisi sekitar 60% dari volume beton, agregat harus bergradasi sehingga beton dapat terisi rapat, agregat kasar yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi ruang diantara agregat yang besar (TANJUNG, 2023).

### 3. Air

Air digunakan dalam pencampuran semen dan agregat untuk memicu jalannya pembuatan beton, fungsi air untuk memicu proses kimiawi pada semen saat pencampuran agregat dengan semen dengan cara membasahi agregat dan semen. Air yang digunakan adalah air yang belum terkontaminasi campuran berbahaya, atau mengandung garam, minyak, gula, atau senyawa sintetis lainnya. bila digunakan dalam kombinasi pembuatan beton dapat merusak dan mengubah sifat beton (Lubis K. &., 2020)

Menurut Nawy (Haris, Studi Eksperimental Kuat Tekan Beton dengan Mensubtitusikan Limbah Batu Bata Pada Semen., 2020) Dalam campuran beton air mempunyai 2 fungsi, yang pertama untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan pada saat berlangsungnya pengerasan, dan yang kedua sebagai pelicin campuran pasir, kerikil, dan semen agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk melumasi campuran agar mudah pengerjaannya.

Air untuk pembuatan beton sebaiknya digunakan air bersih yang dapat diminum. Air yang berasal dari Perusahaan Air Minum, pada umumnya cukup baik bila dipakai dalam pembuatan beton. Air yang digunakan untuk pembuatan dan perawatan beton tersebut, tidak boleh menggunakan minyak, asam, alkali, garam, bahan-bahan organik atau bahan-bahan lain yang merusak beton (SNI 03-2847- 2002) (Nilawati, 2023).

#### **4. Bahan Tambah**

##### **a. Aditif Pencampur (Mixing Admixture)**

Aditif pencampur adalah jenis aditif beton yang digunakan untuk mengubah sifat-sifat reologi campuran beton, seperti kecernaan, kekentalan, dan waktu pengerasan. Beberapa jenis aditif pencampur yang umum digunakan adalah superplastisizer, retarder, dan accelerator. Superplastisizer digunakan untuk meningkatkan kecernaan beton tanpa mengurangi kekuatan akhir beton. Retarder digunakan untuk memperlambat waktu pengerasan beton, sedangkan accelerator digunakan untuk mempercepat waktu pengerasan beton (Enda, 2021, Desember ).

Penggunaan aditif pencampur dapat memberikan beberapa keuntungan, antara lain meningkatkan kualitas beton dengan mengurangi jumlah air yang diperlukan dalam campuran beton, meningkatkan kekuatan beton, dan mengurangi retak pada beton. Namun, penggunaan aditif pencampur harus dilakukan dengan hati-hati dan sesuai dengan dosis yang tepat untuk menghindari efek negatif terhadap beton (Maharani A. &., 2023).

##### **b. Aditif Pengisi (Filling Admixture)**

Aditif pengisi adalah jenis aditif beton yang digunakan untuk mengisi celah-celah antara agregat kasar dan agregat halus dalam campuran beton. Aditif pengisi dapat berupa partikel-partikel kecil yang ditambahkan ke dalam campuran beton untuk mengisi celah dan meningkatkan kepadatan



beton (Tolab, 2024). Contoh aditif pengisi yang umum digunakan adalah fly ash, slag, dan silica fume.

Penggunaan aditif pengisi dapat memberikan beberapa keuntungan, seperti meningkatkan kekuatan dan kepadatan beton, mengurangi retak pada beton, dan mengurangi permeabilitas beton terhadap air dan zat kimia. Aditif pengisi juga dapat mengurangi penggunaan semen dalam campuran beton, sehingga mengurangi emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan oleh produksi semen (Hamdi, 2022).

#### **c. Aditif Pengikat (Bonding Admixture)**

Aditif pengikat adalah jenis aditif beton yang digunakan untuk meningkatkan daya lekat antara beton dengan material lain, seperti baja, kayu, atau material beton yang sudah keras. Aditif pengikat membantu meningkatkan ikatan antara beton baru dengan beton yang sudah keras, sehingga menghasilkan struktur yang lebih kokoh dan tahan lama. Contoh aditif pengikat yang umum digunakan adalah aditif berbasis latex atau polimer (Yusril, 2024).

Penggunaan aditif pengikat dapat memberikan beberapa keuntungan, antara lain meningkatkan kekuatan struktural beton, mengurangi retak pada beton, dan meningkatkan ketahanan beton terhadap kondisi lingkungan yang keras. Aditif pengikat juga dapat digunakan untuk memperbaiki beton yang retak atau rusak, sehingga menghindari biaya perbaikan yang lebih besar di masa depan.

#### **d. Aditif Percepat Pengerasan (Accelerating Admixture)**

Aditif percepat pengerasan adalah jenis aditif beton yang digunakan untuk mempercepat waktu pengerasan beton. Aditif ini sangat berguna dalam situasi di mana waktu pengerasan beton sangat penting, seperti dalam cuaca dingin atau ketika ada kebutuhan untuk segera menggunakan struktur beton yang baru dibangun. Aditif percepat pengerasan dapat mempercepat waktu pengerasan beton hingga beberapa kali lipat (Ar Rifqy, 2023).

Penggunaan aditif percepat pengerasan dapat memberikan beberapa keuntungan, seperti mengurangi waktu konstruksi, meningkatkan produktivitas, dan mengurangi risiko kerusakan akibat kondisi cuaca yang buruk. Namun, penggunaan aditif ini harus dilakukan dengan hati-hati dan sesuai dengan petunjuk produsen untuk menghindari kegagalan struktural akibat waktu pengerasan yang terlalu cepat.

#### **e. Aditif Anti Retak (Crack Control Admixture)**

(Anita, 2020) Penggunaan aditif anti retak dapat memberikan beberapa keuntungan, seperti meningkatkan ketahanan beton terhadap beban bekerja dan perubahan suhu, mengurangi retak permukaan pada beton, dan meningkatkan daya tahan terhadap kondisi lingkungan yang ekstrim. Aditif anti retak juga dapat membantu mengurangi biaya perawatan dan perbaikan yang terkait dengan retak pada beton.

## 2.5 Slump Beton dan Waktu Ikat (Setting Time)

Nilai slump digunakan sebagai petunjuk ketepatan jumlah pemakaian air dalam hubungannya dengan faktor air semen (FAS) yang ingin dicapai. Waktu pengadukan lamanya tergantung pada kapasitas isi mesin pengaduk, jumlah adukan, jenis serta susunan butir bahan penyusun, dan slump beton, pada menunjukkan susunan dan warna merata (Romadhon, 2020). Sesuai dengan tingkat mutu beton yang dihasilkan akan memberikan :

- a. Keenceran dan kekentalan adukan yang memungkinkan pengerjaan beton (penuangan, perataan, pemadatan) dengan mudah kedalam adukan tanpa menimbulkan kemungkinan terjadinya segregasi atau pemisahan agregat.
- b. Ketahanan terhadap kondisi lingkungan khusus (kedap air, korosi, dan lainlain).
- c. Memenuhi uji kuat tekan yang hendak dipakai. Penghitungan waktu ikat (setting time) bertujuan untuk mengetahui seberapa lama beton melewati tahap plastis menuju tahap pengerasan. Pada saat mortar semen tersebut mulai mengikat sehingga setelah waktu tersebut dilalui, mortar semen tidak boleh diganggu lagi ataupun diubah kembali kedudukannya.

## 2.6 Uji Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan (SNI 03-1974-1990). Tujuan dari

pengujian kuat tekan adalah untuk memperoleh nilai kuat tekan dengan prosedur yang benar (Maharani A. &., 2023).

## **2.7 Percepatan Waktu Penyelesaian Proyek**

Percepatan waktu penyelesaian proyek adalah usaha yang dilakukan untuk menyelesaikan proyek lebih awal dari waktu rencana dalam keadaan normal. Percepatan dilakukan pada kegiatan – kegiatan yang ada pada jalur kritis yang dapat berpengaruh pada durasi penyelesaian proyek konstruksi. Dengan dilakukannya percepatan proyek maka akan berpengaruh pada pengurangan durasi kegiatan pada setiap kegiatan yang akan dilakukan percepatan (Yuwono, 2021).

(Alfayed, 2024) ada lima faktor yang dapat dioptimumkan untuk melaksanakan percepatan pada suatu aktivitas proyek yaitu dengan penambahan jumlah jam kerja (kerja lembur), penambahan tenaga kerja, pergantian atau penambahan peralatan, pemilihan sumber daya manusia yang berkualitas, penggunaan metode konstruksi yang efektif. Cara-cara tersebut bisa dilakukan dengan terpisah maupun kombinasi, misalnya kombinasi penambahan jam kerja dengan penambahan jumlah tenaga kerja, hal ini biasa disebut dengan giliran (shift), dimana kelompok pekerja pagi sampai sore berbeda dengan dengan kelompok pekerja untuk sore sampai malam hari.

## 1. Metode Pertukaran Waktu dan Biaya (Time Cost Trade Off)

Time cost trade off adalah suatu proses yang disengaja, sistematis dan analitik dengan cara melakukan pengujian dari semua pekerjaan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada pekerjaan yang berada pada jalur kritis. (SUSILA, ANALISIS BIAYA DAN WAKTU PERCEPATAN PROYEK DENGAN PENAMBAHAN JAM KERJA LEMBUR MENGGUNAKAN METODE TIME COST TRADE OFF (TCTO), 2023).

(SUSILA, ANALISIS BIAYA DAN WAKTU PERCEPATAN PROYEK DENGAN PENAMBAHAN JAM KERJA LEMBUR MENGGUNAKAN METODE TIME COST TRADE OFF (TCTO), 2023)  
Dalam sebuah perencanaan proyek waktu dan biaya merupakan hal penting yang saling berkaitan. Pada analisis time cost trade off ini dengan berubahnya waktu penyelesaian proyek maka juga akan berubah biaya yang akan dikeluarkan. Apabila waktu pelaksanaan dipercepat maka biaya langsung proyek akan bertambah dan biaya tidak langsung proyek akan berkurang.

Pada metode time cost trade off ini fokus utamanya adalah pada aktivitas proyek yang berada pada lintasan kritis dengan menambahkan alternatif-alternatif yang ada agar aktivitas yang berada pada lintasan kritis dapat diselesaikan tepat waktu atau lebih cepat dengan tambahan biaya yang seminimal mungkin. Metode time cost trade off ini dapat dilakukan dalam 3 kondisi atau tahapan yaitu sebelum proyek dimulai dilakukan evaluasi awal,



dipertengahan proyek sedang berjalan dan diakhir menjelang proyek berakhir atau selesai.

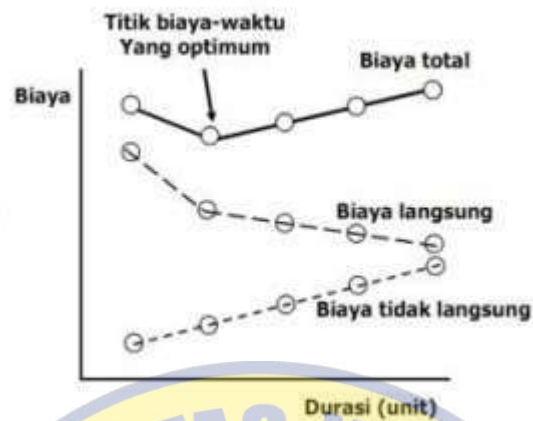
## **2. Hubungan Waktu Terhadap Biaya**

(Endriastuti, 2024) Besarnya biaya tersebut sangat bergantung pada lamanya waktu penyelesaian proyek. Keduanya berubah seiring waktu dan kemajuan proyek.

(WIJAYANTO I. K., 2021). Intinya biaya langsung merupakan semua biaya yang langsung berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan konstruksi di lapangan.

(WIJAYANTO I. K., 2021). Intinya biaya tidak langsung adalah biaya yang tidak secara langsung berhubungan dengan konstruksi, tetapi harus ada dan tidak dapat lepas dari proyek tersebut.

Untuk menentukan biaya total dari suatu proyek sangat tergantung pada waktu pelaksanaan penyelesaian proyek konstruksi. Pada Gambar 3.9 menunjukkan hubungan biaya langsung, biaya tak langsung dan biaya total dalam suatu grafik dan terlihat bahwa biaya optimum didapat dengan mencari total biaya proyek yang terkecil.



**Gambar 2.1** Grafik Hubungan Waktu dengan Biaya Total, Biaya Langsung, Biaya Tak Langsung dan Biaya Optimal

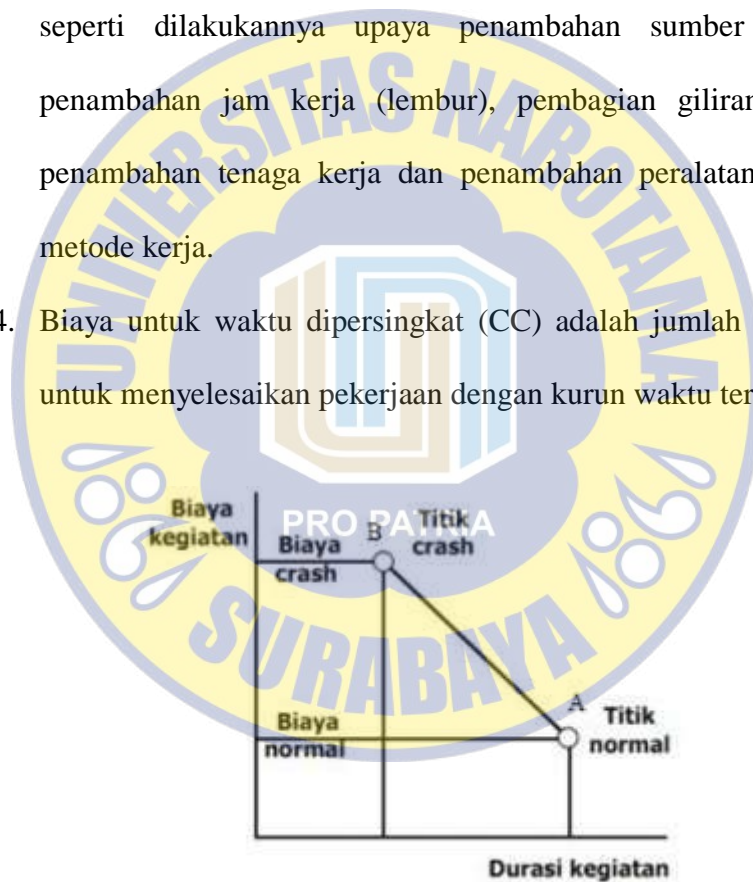
Pada Gambar 2.1 di atas terlihat bahwa waktu pelaksanaan proyek sangat berpengaruh pada jumlah biaya proyek. Bila waktu proyek bertambah, maka biaya juga akan bertambah, demikian pula jika waktu dipercepat. Maka dari itu perlu perencanaan waktu yang tepat sehingga dihasilkan biaya yang optimum. Pada gambar di atas juga terdapat titik optimum yang menunjukkan biaya proyek minimum dan waktu pelaksanaan proyek yang optimum. Titik optimum inilah yang berusaha dicapai oleh para kontraktor dalam melaksanakan suatu proyek.

Untuk menganalisis lebih lanjut hubungan antara biaya dan waktu kegiatan, digunakan beberapa istilah yaitu:

1. Kurun Waktu Normal (ND) adalah kurun waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pekerjaan sampai selesai dengan tingkat produktivitas kerja yang normal tetapi diluar pertimbangan adanya

kerja lembur dan usaha-usaha khusus lainnya, seperti menyewa peralatan yang lebih canggih.

2. Biaya Normal (NC) adalah biaya langsung yang dibutuhkan untuk menyelesaikan kegiatan dengan kurun waktu yang normal.
3. Kurun waktu dipersingkat (CD) adalah waktu tersingkat untuk menyelesaikan suatu kegiatan yang secara teknis masih mungkin, seperti dilakukannya upaya penambahan sumber daya dengan penambahan jam kerja (lembur), pembagian giliran kerja (shift), penambahan tenaga kerja dan penambahan peralatan atau merubah metode kerja.
4. Biaya untuk waktu dipersingkat (CC) adalah jumlah biaya langsung untuk menyelesaikan pekerjaan dengan kurun waktu tersingkat.



**Gambar 2.2** Grafik Hubungan waktu dengan biaya

Pada Gambar 2.2 di atas menunjukkan keadaan pada titik A disebut dengan biaya normal (NC) dan waktu normal (ND) karena pada titik A menjelaskan tentang biaya yang dibutuhkan dalam kondisi minimum, tetapi

durasi yang dibutuhkan maksimum (waktu paling lambat). Sedangkan pada titik B disebut dengan waktu dipersingkat (CD) dan biaya waktu dipersingkat (CC) karena pada titik tersebut durasi dalam kondisi minimum (waktu paling cepat) sedangkan biaya yang dibutuhkan pada kondisi maksimum. Sedangkan garis penghubung antara titik A dan titik B merupakan kurva hubungan antara waktu dan biaya maka dari itu bisa diambil kesimpulan bahwa jika dilakukan percepatan proyek, maka biaya yang ditimbulkan juga akan bertambah.

